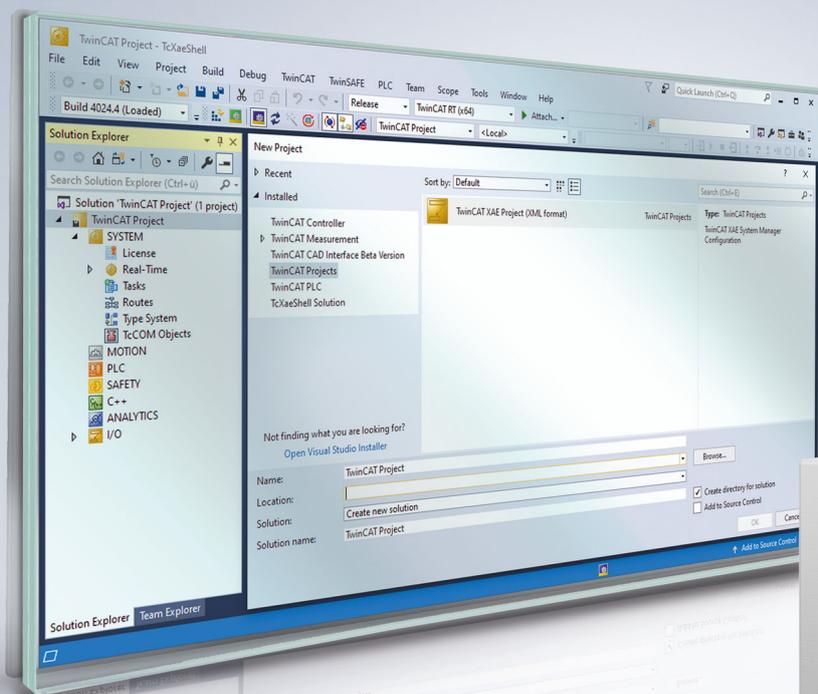


Handbuch | DE

## TF5240 | TwinCAT 3 CNC

Kinematische Transformationen





# Hinweise zur Dokumentation

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal ist verpflichtet, für jede Installation und Inbetriebnahme die zu dem betreffenden Zeitpunkt veröffentlichte Dokumentation zu verwenden.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

## Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiter entwickelt.

Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

## Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® und XPlanar® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.

## Patente

Die EtherCAT-Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente:

EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

## EtherCAT®

EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland

## Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zuwerhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.



# Allgemeine und Sicherheitshinweise

## Verwendete Symbole und ihre Bedeutung

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Symbole mit nebenstehendem Sicherheitshinweis und Text verwendet. Die (Sicherheits-) Hinweise sind aufmerksam zu lesen und unbedingt zu befolgen!

### Symbole im Erklärtext

1. Gibt eine Aktion an.
- ⇒ Gibt eine Handlungsanweisung an.

#### **GEFAHR**

##### **Akute Verletzungsgefahr!**

Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, besteht unmittelbare Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!

#### **VORSICHT**

##### **Schädigung von Personen und Maschinen!**

Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, können Personen und Maschinen geschädigt werden!

#### **HINWEIS**

##### **Einschränkung oder Fehler**

Dieses Symbol beschreibt Einschränkungen oder warnt vor Fehlern.

#### **Tipps und weitere Hinweise**

 Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum grundsätzlichen Verständnis beitragen oder zusätzliche Hinweise geben.

## Allgemeines Beispiel

Beispiel zu einem erklärten Sachverhalt.

## NC-Programmierbeispiel

Programmierbeispiel (komplettes NC-Programm oder Programmsequenz) der beschriebenen Funktionalität bzw. des entsprechenden NC-Befehls.

#### **Spezifischer Versionshinweis**

 Optionale, ggf. auch eingeschränkte Funktionalität. Die Verfügbarkeit dieser Funktionalität ist von der Konfiguration und dem Versionsumfang abhängig.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Hinweise zur Dokumentation .....</b>	<b>3</b>
<b>Allgemeine und Sicherheitshinweise .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>13</b>
1.1 Angabe von Kinematik ID, Kinematiktyp und Versatzdaten .....	14
1.1.1 Kinematik ID und Versatzdaten- CNC-Version <V300 .....	15
1.2 Rotatorachsen und Drehrichtung .....	16
1.3 Linearachsen und Bewegungsrichtung .....	16
1.4 Kinematische Singularitäten .....	17
1.5 Weitere Dokumente zu Transformationen .....	20
<b>2 Kinematische Transformationen .....</b>	<b>21</b>
2.1 KIN_TYP_1 – Fünfachs-Kinematik / Einständerbettmaschine .....	21
2.2 KIN_TYP_2 – Fünfachs-Kinematik mit Dreh-Schwenkkopf .....	25
2.3 KIN_TYP_3 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf (obere Spindel) .....	27
2.4 KIN_TYP_4 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf (untere Spindel) .....	29
2.5 KIN_TYP_5 – Vierachs-Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge .....	31
2.6 KIN_TYP_6 – Vierachs-Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug .....	35
2.7 KIN_TYP_7 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Bohren) .....	37
2.8 KIN_TYP_8 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Sägen) .....	41
2.9 KIN_TYP_9 – Fünfachs-Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat) .....	45
2.10 KIN_TYP_10 – Fünfachs-Kinematik (Sägen) .....	48
2.11 KIN_TYP_11 – Fünfachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf .....	50
2.12 KIN_TYP_12 – Tripod-Kinematik .....	53
2.13 KIN_TYP_13/14 - Stirnflächentransformation .....	58
2.14 KIN_TYP_16 – Fünfachs-Kinematik .....	61
2.15 KIN_TYP_17 – Fünfachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen .....	64
2.16 KIN_TYP_18 – Fünfachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen (Sägen) .....	67
2.17 KIN_TYP_19 – Tripod Kinematik .....	69
2.18 KIN_TYP_21 – Lambda Kinematik .....	72
2.19 KIN_TYP_22 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y-Werkstücktisch .....	76
2.20 KIN_TYP_23 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch .....	78
2.21 KIN_TYP_25 – Fünfachs-Kinematik mit Plasma-/Laserkopf .....	80
2.22 KIN_TYP_28 – Fünfachs-Kinematik .....	84
2.23 KIN_TYP_30 – Vierachs-Kinematik .....	87
2.24 KIN_TYP_33 – Fünfachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf .....	89
2.25 KIN_TYP_34 – Vierachs-Kinematik mit X/C-Werkstücktisch .....	92
2.26 KIN_TYP_52 – Fünfachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch .....	94
2.27 KIN_TYP_57 – Fünfachs-Kinematik mit B/C-Werkstücktisch .....	96
2.28 KIN_TYP_58 – Fünfachs-Kinematik mit A/C-Werkstücktisch .....	100
2.29 Kardankinematik .....	104
2.29.1 KIN_TYP_59 – Kardankinematik mit C/A-Kopf .....	104
2.29.2 KIN_TYP_60 – Kardankinematik mit C/B-Kopf .....	114
2.30 KIN_TYP_61 – Fünfachs-Kinematik mit Y/A-Werkstücktisch .....	118
2.31 KIN_TYP_63 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch .....	123

2.32	KIN_TYP_64 – Sechssachs-Kinematik mit C/A/C-Werkstücktisch .....	128
2.33	KIN_TYP_70 – Fünffachs-Kinematik .....	132
2.34	KIN_TYP_76 – Fünffachs-Kinematik mit MTCP-Schrägwinkelkopf .....	135
2.35	KIN_TYP_80 – Fünffachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch .....	139
2.36	KIN_TYP_81 – Fünffachs-Kinematik mit B/A-Werkstücktisch .....	144
2.37	KIN_TYP_82 – Sechssachs-Kinematik mit C-Werkstücktisch .....	149
2.38	KIN_TYP_85 – Hebelarm-Kinematik.....	153
2.39	KIN_TYP_98- Transformation für Überwachung des Mindestabstands .....	155
2.40	KIN_TYP_207 - Fünffachs-Kinematik mit schrägem Werkzeug .....	164
2.41	KIN_TYP_209 - Tripod mit Drehschwenk-Werkstücktisch .....	167
<b>3</b>	<b>Roboter-Kinematiken .....</b>	<b>175</b>
3.1	KIN_TYP_36 – SCARA-Kinematik .....	175
3.2	KIN_TYP_37 – Delta-Roboter-Kinematik .....	179
3.3	KIN_TYP_45 – Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik .....	182
3.3.1	Bewegtes Werkstück.....	187
3.3.2	Flanschkoordinatensystem .....	189
3.3.3	Status & Turn (IS, IT) .....	190
3.3.4	Singularitäten beim Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik.....	194
3.3.5	Posen der Kinematik des Sechssachs-Gelenkarmroboters.....	195
3.4	KIN_TYP_206 – 5-Achsroboter auf Lineareinheit .....	200
3.5	KIN_TYP_208 – 4 Achsroboter auf Lineareinheit .....	203
3.6	KIN_TYP_213- Fünffachs-Palettierroboter .....	206
<b>4</b>	<b>Klassifizierung der Transformationen .....</b>	<b>211</b>
4.1	Transformationstyp .....	211
4.2	Kinematiktyp.....	212
4.3	Anwendung .....	213
4.4	Transformationen der Rohrbearbeitung .....	216
<b>5</b>	<b>Begriffsdefinitionen .....</b>	<b>217</b>
<b>6</b>	<b>Support und Service .....</b>	<b>218</b>



# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen.....	16
Abb. 2	Singuläre Kopfstellung bei CA-Fünfachskinematik, Kinematik ID 9.....	18
Abb. 3	Exemplarische Stellung einer Singularität.....	19
Abb. 4	Kinematik der Einständerbettmaschine.....	22
Abb. 5	Versätze im Werkzeugkopf.....	23
Abb. 6	Versätze am Werkstückträger.....	24
Abb. 7	Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine mit Dreh-Schwenkkopf.....	25
Abb. 8	Größen L, TX, HD1, HD2 und HD3 des Dreh-/Schwenkkopfes.....	26
Abb. 9	Ansicht von vorne.....	26
Abb. 10	Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf.....	27
Abb. 11	Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (obere Spindel).....	28
Abb. 12	Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf.....	29
Abb. 13	Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (untere Spindel)).....	30
Abb. 14	4-achsige Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge.....	31
Abb. 15	Werkzeugkreuzkopf.....	32
Abb. 16	Werkzeugkreuzkopf mit Nullstellungen der Werkzeuge 1..4.....	33
Abb. 17	4-achsige Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug.....	35
Abb. 18	Werkzeugkopf zum Unterflurfräsen (Ruhestellung mit HD4 = 0).....	36
Abb. 19	5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräswerkzeug mit manueller Hilfsachse A).....	38
Abb. 20	5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3=0, HD4=0, CM=0).....	39
Abb. 21	5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manueller Hilfsachse A).....	42
Abb. 22	5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 = 0, HD4 = +90,CM=0).....	43
Abb. 23	5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat).....	45
Abb. 24	5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3 = 0, AM=0, HD4=0, CM=0).....	46
Abb. 25	5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug).....	48
Abb. 26	5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 =0, CM=0, HD4 =0, AM =90).....	49
Abb. 27	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine mit Schrägwinkelkopf.....	50
Abb. 28	Winkel und Längen am Schrägwinkelkopf.....	51
Abb. 29	Tripod Kinematik.....	54
Abb. 30	Vektordarstellung der Stabkinematik.....	55
Abb. 31	Versatzmaße der Stabkinematik.....	56
Abb. 32	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine.....	61
Abb. 33	Parameter des Dreh-Schwenkkopfes.....	62
Abb. 34	5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräswerkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A ).....	64
Abb. 35	Bohr-/ Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3 = 0, HD4 = 0).....	65
Abb. 36	5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A).....	67
Abb. 37	Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 = 0, HD4 = +90).....	68
Abb. 38	Tripod Kinematik.....	69
Abb. 39	Versätze der Kinematik.....	70
Abb. 40	Lambda Kinematik.....	72
Abb. 41	Lambda Kinematik, Variante 1.....	73
Abb. 42	Lambda Kinematik, Variante 2.....	74
Abb. 43	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine.....	76
Abb. 44	Versätze der Kinematik.....	77

Abb. 45	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	78
Abb. 46	Versätze der Kinematik .....	79
Abb. 47	5-achsige Kinematik (Plasma/Laserkopf).....	80
Abb. 48	5-achsiger Plasma/Laserkopf (Ruhestellung mit $HD3 = 0$ , $AM=0$ , $HD4=0$ , $CM=0$ ).....	81
Abb. 49	Bei Schrägstellung des Kopfes bleibt die Höhe der Düsen Spitze über dem Werkstück konstant, d.h. bei $A \neq 0$ ist die wirksame Länge $L2 > L1$ . .....	82
Abb. 50	5-achsige Kinematik.....	84
Abb. 51	Werkzeugkopf (Ruhestellung mit $HD3 = 0$ , $A=0$ , $HD4=0$ , $C=0$ ) .....	85
Abb. 52	4-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat) .....	87
Abb. 53	Versätze der 4-achsigen Kinematik .....	88
Abb. 54	5-achsiger Schrägwinkelkopf .....	89
Abb. 55	Schrägwinkelkopf in Nullstellung, $HD7=0$ .....	90
Abb. 56	Schrägwinkelkopf mit 180 Grad Kopffoffset in Nullstellung, $HD7=1$ .....	91
Abb. 57	4-achsige C-Achs-Kinematik .....	92
Abb. 58	Nullpunktversätze am rotatorischen C-Achs-Werkstückträger.....	93
Abb. 59	Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine .....	94
Abb. 60	Definition der Versatzparameter .....	95
Abb. 61	Definition der Versatzparameter in der Frontansicht.....	95
Abb. 62	Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit BC Werkstücktisch.....	96
Abb. 63	Versätze in Y/Z Ansicht.....	97
Abb. 64	Versätze in X/Z Ansicht.....	98
Abb. 65	Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit AC Werkstücktisch.....	100
Abb. 66	Versätze in X/Z Ansicht.....	101
Abb. 67	Versätze in Y/Z Ansicht.....	102
Abb. 68	Kardankinematik mit CA-Kopf.....	104
Abb. 69	Versätze des kardanischnen CA-5-Achskopfes.....	105
Abb. 70	Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-A-Achse liegt in Werkzeugachse) .....	107
Abb. 71	Kardankopf mit versetzter C-Achse (C-Achse liegt nicht in der Werkzeugachse) .....	108
Abb. 72	Kardankopf mit Sägewerkzeug und TCP am Sägezahn.....	109
Abb. 73	Winkeldarstellungen – Sägewerkzeug und TCP.....	110
Abb. 74	Kardankopf mit Unterflurfräser .....	112
Abb. 75	Kardankopf mit Unterflurfräser mit versetzter C-Achse.....	113
Abb. 76	Kardankinematik mit CB-Kopf .....	114
Abb. 77	Versätze des kardanischnen CB-5-Achskopfes.....	115
Abb. 78	Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-B-Achse liegt in Werkzeugachse) .....	117
Abb. 79	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	118
Abb. 80	Versätze Werkzeugkopf.....	119
Abb. 81	Versätze Werkstückträger.....	120
Abb. 82	Ideale und reale z- Nullstellung.....	121
Abb. 83	Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	123
Abb. 84	Versätze Werkzeugkopf.....	124
Abb. 85	Versätze Werkstückträger.....	125
Abb. 86	Ideale und reale Z-Nullstellung .....	126
Abb. 87	Kinematische Struktur der sechsachsigen Maschine mit CAC Werkstücktisch .....	128
Abb. 88	Parameter des CAC Werkstücktische in X/Z Darstellung .....	129
Abb. 89	Parameter des CAC Werkstücktische in Y/Z Darstellung .....	130

Abb. 90 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	132
Abb. 91 Parameter des Werkzeugkopfes.....	133
Abb. 92 Winkeloffset des Dreh-Schwenkkopfes.....	134
Abb. 93 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	136
Abb. 94 Parameter des Werkzeugkopfes.....	137
Abb. 95 Winkeloffset des Fasenkopfes bzgl. Montage.....	138
Abb. 96 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	139
Abb. 97 Versätze Werkzeugkopf.....	140
Abb. 98 Versätze Werkstückträger.....	141
Abb. 99 Ideale und reale Z-Nullstellung .....	142
Abb. 100 Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine .....	144
Abb. 101 Versätze Werkzeugkopf.....	145
Abb. 102 Versätze Werkstückträger.....	146
Abb. 103 Ideale und reale Z-Nullstellung .....	147
Abb. 104 Achskonfiguration der sechssachsigen Maschine .....	149
Abb. 105 Parameter des Werkzeugkopfes.....	150
Abb. 106 Versätze am Werkstückträger.....	151
Abb. 107 Lage des Koordinatensystems.....	153
Abb. 108 Achskonfiguration Linksausleger .....	154
Abb. 109 Achskonfiguration Rechtsausleger.....	154
Abb. 110 Überwachung Mindestabstand.....	155
Abb. 111 Kinematik in der Variante LINKS.....	156
Abb. 112 Verschobenes Programmierkoordinatensystem in der Variante RECHTS .....	157
Abb. 113 Kinematik in der Variante RECHTS .....	157
Abb. 114 Exzentrerscheiben-Kinematik mit Drehung um Z.....	161
Abb. 115 Exzentrerscheiben-Kinematik mit Drehung um X.....	161
Abb. 116 5-achsige Kinematik (Schneidwerkzeug mit manueller Hilfsachse A) .....	164
Abb. 117 5-achsiges Schneidwerkzeug bei 90 Grad Winkelstellung .....	165
Abb. 118 Schneidhöhe .....	166
Abb. 119 Tripodkinematik mit CA-Drehschwenktisch .....	168
Abb. 120 Versatzmaße der Stabkinematik .....	169
Abb. 121 Winkelversatz HD30 des CA-Drehschwenktisches.....	170
Abb. 122 Versätze CA-Drehschwenktisch.....	171
Abb. 123 Winkelversatz HD30 des CB-Drehschwenktisches.....	172
Abb. 124 Versätze CB-Drehschwenktisch.....	173
Abb. 125 SCARA Kinematik .....	176
Abb. 126 SCARA Kinematik in Nullstellung (C1=0, C2=0, C3=0, HD8=0).....	177
Abb. 127 Hängende Delta-Roboter-Kinematik .....	179
Abb. 128 Versatzmaße der Delta-Roboter-Kinematik .....	180
Abb. 129 6-achsiger Gelenkarmroboter .....	182
Abb. 130 HD-Versatzdaten in der Seitenansicht.....	183
Abb. 131 Nullstellung für HD14 und HD15 .....	184
Abb. 132 Gelenkarmroboter in der Draufsicht.....	184
Abb. 133 Werkzeugversätze des fest positionierten Werkzeuges .....	187
Abb. 134 Vorgehen beim Festlegen der Orientierung mit Rotationsreihenfolge Z Y' X“ .....	188
Abb. 135 Die Orientierung des Roboterflansches und der Welt.....	189

Abb. 136 Verschiebung vom Flansch zum schwarzen Punkt im Werkstück .....	189
Abb. 137 Der Schnittpunkt der Handachsen (Pfeilspitze) liegt im (blauen) Grundbereich .....	191
Abb. 138 Status-Bit 1 für Roboter mit einem Offset zwischen Achse A3 und Achse A5.....	192
Abb. 139 Status-Bit 2 bei Achswinkelstellung $A4=0^\circ$ und $A4=180^\circ$ .....	192
Abb. 140 Ellenbogensingularität.....	194
Abb. 141 4-achsiger Palletierroboter .....	198
Abb. 142 Seitenansicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter .....	199
Abb. 143 Draufsicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter.....	199
Abb. 144 5-Achsroboter auf Lineareinheit .....	200
Abb. 145 Beispiel einer Nullstellung .....	201
Abb. 146 4-Achsroboter auf Lineareinheit .....	203
Abb. 147 Beispiel einer Nullstellung .....	204
Abb. 148 Seitenansicht.....	207
Abb. 149 Nullstellung ohne rotatorische Versätze.....	207
Abb. 150 Flanschkoordinatensystem .....	208

# 1 Einleitung

## Obligatorischer Hinweis zu Verweisen auf andere Dokumente

Zwecks Übersichtlichkeit wird eine verkürzte Darstellung der Verweise (Links) auf andere Dokumente bzw. Parameter gewählt, z.B. [PROG] für Programmieranleitung oder P-AXIS-00001 für einen Achsparameter.

Technisch bedingt funktionieren diese Verweise nur in der Online-Hilfe (HTML5, CHM), allerdings nicht in PDF-Dateien, da PDF keine dokumentenübergreifenden Verlinkungen unterstützt.

## Transformationstypen

Bei den im Folgenden aufgeführten Transformationen handelt es sich um 3-, 4-,5- und 6-achsige kinematische Transformationen. Diese sind bei Maschinen mit

- nicht kartesischer Achsanordnung oder
- mit rotatorischen Achsen

zur Einstellung der Orientierung dann erforderlich, wenn im WCS (Werkstückkoordinatensystem) programmiert werden soll. Im Allgemeinen erhält man in diesem Fall nichtlineare Gleichungen, die den Zusammenhang zwischen Werkstückkoordinaten und Maschinenkoordinaten widerspiegeln.

Als Werkstückachsen werden Achsen bezeichnet, die in der kinematischen Kette auf der Werkstückseite liegen. Als Werkzeugachsen werden Achsen auf der Werkzeugseite bezeichnet.

## Folgende Transformationstypen werden unterschieden

- **RTCP Transformation (Rotation Tool Center Point):** Hierbei werden Raumpositionen im WCS programmiert. Die Einstellung der Werkzeugrichtung erfolgt über die Programmierung der rotatorischen Maschinenachsen (z.B. B und C sind abhängig von der Maschine). Hilfsfunktionen erlauben die automatische Werkzeugausrichtung auf gedrehte Koordinatensysteme im Raum.  
Beispiel für NC Programmzeile: N10 X100 Y20 Z30 B0 C0
- **Vollständige Transformation:** Hierbei erfolgt die Programmierung von Raumkurven und der Bearbeitungsorientierung des Werkzeugs über Position und Orientierung (Punkt Vektor Folgen) grundsätzlich unabhängig vom Maschinentyp mit 6 Koordinaten (\*).  
Beispiel für NC Programmzeile: N10 X100 Y20 Z30 A0 B0 C1

(\*) Abhängig von den Freiheitsgraden einer Kinematik kann ggf. nur die Position über 3 Koordinaten programmiert werden (z.B. Tripod).

## **i** Transformationen sind eine lizenzpflichtige Zusatzoption.

### HINWEIS

Bei aktiver kinematischer Transformation werden achsspezifische Werkzeugversätze aus `ax_ersatz[<ax_index>]` (P-TOOL-00006) nur in den Achsen berücksichtigt, die nicht von der Transformationsfunktion beeinflusst werden. Abhängig vom Transformationstyp sind dies z.B. bei RTCP typischerweise alle Achsen mit Index > 2.

Die achsspezifischen Werkzeugversätze der ersten 3 Achsen (Index 0, 1, 2) werden bei aktiver Transformation **nicht** berücksichtigt. Sollen für diese Achsen Werkzeugversätze auch bei aktiver Trafo wirken, sind diese in den oben genannten Kinematikversätzen des Werkzeuges einzutragen (P-TOOL-00009).

Die erforderliche kinematikspezifische Achskonfiguration ist in den Kanalparametern herzustellen.

Dabei ist auf die korrekte Achsindexsequenz für die ausgewählte Transformation zu achten.

## 1.1 Angabe von Kinematik ID, Kinematiktyp und Versatzdaten

Um eine Kinematik verwenden zu können, muss diese durch die Kinematik ID (P-CHAN-00262) und den Kinematiktyp (P-CHAN-00829) eindeutig spezifiziert sein.

Die Kinematik-ID dient zur eindeutigen Identifizierung einer konfigurierten Kinematik aus der Liste aller konfigurierten Kinematiken. Sie darf nicht mehrfach konfiguriert werden.

Der Kinematiktyp bestimmt die Art und Struktur der Kinematik, wie sie z.B. in [Übersicht \[► 21\]](#) klassifiziert sind.

Die Klassifizierung über Kinematik ID und -typ ist ab der CNC-Version V3.1.3080.09 verfügbar. Dies bietet den Vorteil, dass mehrere gleiche Kinematiktypen mit unterschiedlichen Versatzdaten in der gleichen Konfigurationsliste parametrierbar werden können und über die Kinematik ID wahlweise aktiviert werden kann.



**Wird kein Kinematiktyp angegeben (Kinematiktyp 0), so wird der Wert der Kinematik ID automatisch dem Kinematiktyp zugewiesen.**

### Kinematiktyp (ab V3.1.3080.09)

Die zur Verwendung eines bestimmten Kinematiks notwendige Nummer ergibt sich aus dem angegebenen Kinematiktyp wie folgt:

KIN\_TYP\_1    1

KIN\_TYP\_2    2

usw.

In CNC-Versionen < V3.1.3080.09 ist die angegebene Kinematik ID identisch mit dem zu verwendenden Kinematiktyp.

### HINWEIS

Ab CNC-Version V3.00.3018.00 **ersetzen** die Strukturen *kin\_step[i].trafo[j].\** bzw. *trafo[j].\** die Definition von Kinematikdaten über *kinematik[i].\**

Die bisherige Struktur *kinematik[i].\** wird nicht mehr unterstützt!

### Angabe von Kinematik ID, Kinematiktyp und Versatzparametern

Ab V3.00 **muss** die Kinematik wie folgt angegeben werden

```
trafo[0].id           9000
trafo[0].type         9
trafo[0].param[0]    5000000
trafo[0].param[1]    0
trafo[0].param[2]    0
trafo[0].param[3]    0
```

bei einer weiteren Transformation z.B. Kinematik ID 60 (hier ist kein Typ angegeben, daher wird dieser automatisch mit dem Wert 60 belegt)

```
trafo[1].id           60
trafo[1].param[0]    2000000
trafo[1].param[1]    0
```

Die gleiche Angabe der Kinematik mit ID 9 für die mehrstufigen Transformationsangabe sieht wie folgt aus:

```
kin_step[0].trafo[0].id       9
kin_step[0].trafo[0].type     9
kin_step[0].trafo[0].param[0] 5000000
kin_step[0].trafo[0].param[1] 0
kin_step[0].trafo[0].param[2] 0
kin_step[0].trafo[0].param[3] 0
```

bei einer zweiten Transformationsstufe würde die Angabe der Kinematik wie folgt aussehen:

```
kin_step[1].trafo[0].id      1
kin_step[1].trafo[0].type   20
kin_step[1].trafo[0].param[0] 3000000
```

Konfiguration von zwei Transformation des gleichen Typs z.B. Kinematiktyp 9 mit zwei unterschiedlichen Datensätzen:

```
trafo[0].id      9000
trafo[0].type    9
trafo[0].param[0] 5000000
trafo[0].param[1] 1000
...
trafo[1].id      8000
trafo[1].type    9
trafo[1].param[0] 4550000
trafo[1].param[1] 7500
...
```



**Die HDi-Versätze einer Kinematik korrespondieren mit den Kinematikversätzen in den Kanalparametern zu trafo[idx].param[i-1].**

Diese Versätze können auch alternativ im entsprechenden Wert der Werkzeugparameter (P-TOOL-00009) eingetragen werden.

Die Einheiten der Versatzparameter ist bei translatorischen Versätzen 1.0 E-4 mm und bei rotatorischen Versätzen 1.0 E-4°.

## 1.1.1 Kinematik ID und Versatzdaten- CNC-Version <V300

### Kinematik ID

Die zur Verwendung einer bestimmten Kinematik notwendige ID ergibt sich aus dem angegebenen Kinematiktyp wie folgt:

```
KIN_TYP_1    1
KIN_TYP_2    2
```

usw.

### Angabe von Kinematik ID und Versatzparametern

Die Angabe der Kinematik-ID und der Versatzparameter (HD-Versätze) einer Kinematik erfolgt wie folgt:

```
kinematik[9].param[0] 500000
kinematik[9].param[1] 0
kinematik[9].param[2] 0
kinematik[9].param[3] 0
```

bei einer weiteren Transformation z.B. Kinematik ID 60

```
kinematik[60].param[0] 200000
kinematik[60].param[1] 0
```



**Die HDi-Versätze einer Kinematik korrespondieren mit den Kinematikversätzen in den Kanalparametern zu kinematik[ID].param[i-1].**

Diese Versätze können auch alternativ im entsprechenden Wert der Werkzeugparameter (P-TOOL-00009) eingetragen werden.

Die Einheiten der Versatzparameter ist bei translatorischen Versätzen 1.0 E-4 mm und bei rotatorischen Versätzen 1.0 E-4°.

## 1.2 Rotatorachsen und Drehrichtung

Im nachfolgenden Bild sind die positiven Drehrichtungen von rotatorischen Achsen dargestellt. Basis ist ein rechtsdrehendes kartesisches Koordinatensystem.

Die Drehung ist dann positiv, wenn mit Blick auf die Pfeilspitze der Koordinatenachse die Rotation gegen den Uhrzeigersinn erfolgt. Dreht sich die Rotatorachse um die X-Achse, wird diese als A-Achse bezeichnet, bei Drehung um Y-Achse als B-Achse usw. Wenn nicht gesondert anders angeführt, liegen diese Drehrichtungen den kinematischen Transformationen mit Rotatorachsen zugrunde.

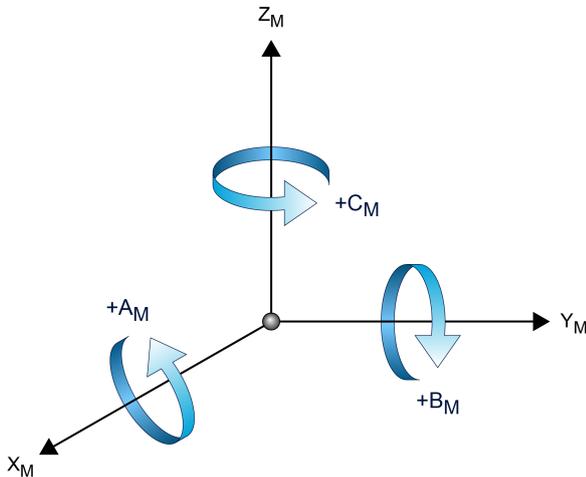


Abb. 1: Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen

## 1.3 Linearachsen und Bewegungsrichtung

Die Bewegungsrichtung bei Linearachsen ist so einzustellen, dass sich eine Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück wie bei 2.5 D Betrieb ergibt. Wenn also Linearachsen das Werkstück bewegen, so ist deren Bewegungsrichtung entgegengesetzt zu den Richtungen der Achsen des Werkstückkoordinatensystems.

## 1.4 Kinematische Singularitäten

Als kinematische Singularitäten werden besondere Achsstellungen einer Kinematik bezeichnet.

In diesen singulären Stellungen kann die Kinematik Bewegungen in bestimmte kartesische Richtungen oder Drehungen um bestimmte Raumachsen nicht ausführen. Ein einfaches Beispiel ist ein komplett ausgestreckter Roboterarm, bei dem eine Bewegung weiter nach außen (aus dem Arbeitsbereich heraus) nicht möglich ist.

Singularitäten haben keinen Einfluss auf reine Achsbewegungen (beispielsweise mit #PTP).

Kritisch werden Singularitäten, wenn in ihrer Nähe Bewegungen im Programmierkoordinatensystem (PCS) ausgeführt werden. Es kann dort trotz langsamer TCP-Bewegung in diesen Bereichen zu extrem schnellen Achsbewegungen kommen kann.

Da wiederum die Achsdynamiken beschränkt sind, kann es im Umkehrschluss in der Nähe einer Singularität zu einer starken Reduzierung der TCP-Bahngeschwindigkeit kommen.

Es ist anzumerken, dass diese Effekte direkt von der physikalischen Kinematik herrühren. Die Steuerung kann diese Effekte lediglich vermindern oder Alternativstrategien anwenden, ganz vermeiden lassen sie diese Effekte nicht.

### Singularitäten eines Roboters

Siehe [Singularitäten beim Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik](#) [► 194]

### Singularität bei vollständiger Fünffachs-Kinematik

Bei vollständigen Kinematiken erfolgt die Abbildung der Werkzeugrichtung in Winkeldarstellung in einen Werkzeugrichtungsvektor und daraus die Abbildung auf die ACS Achswinkel. Dies ist abhängig von P-CHAN-00247.

Im Gegensatz dazu ergeben sich bei RTCP-Kinematiken ergibt sich die Werkzeugrichtung direkt aus den programmierten ACS Maschinenwinkeln.

Bei vollständigen Kinematiken kann die Steuerung dabei die eindeutige Stellung des Werkzeugrichtungsvektors nicht mehr in eine eindeutige Stellung der ACS Orientierungachsen abbilden. Bei einer vollständigen Fünffachkinematik existieren entweder zwei oder unendlich viele mögliche ACS Winkelpaare für einen vorgegebenen Werkzeugrichtungsvektor. Letzteres wird als kinematische Singularität der Struktur bezeichnet.

Bei einer Standard CA-Kinematik ist der singuläre Werkzeugrichtungsvektor  $ori = (0.0, 0.0, 1.0)$ , die dazugehörige ACS Winkelstellung ist  $A_{ACS}=0$ . Der  $C_{ACS}$ -Winkel kann beliebige Werte im Verfahrbereich dieser Achse annehmen ohne dass sich die Werkzeugrichtung ändert.

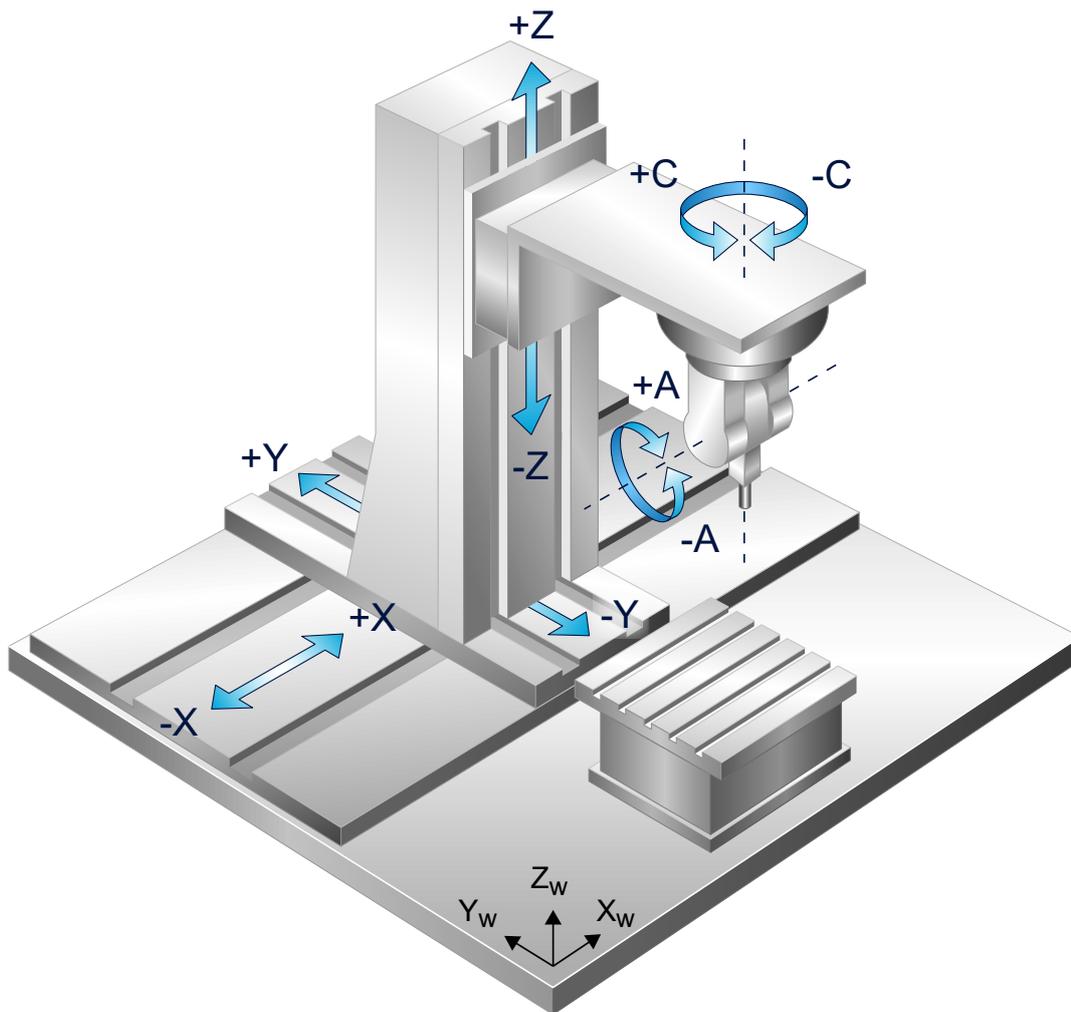


Abb. 2: Singuläre Kopfstellung bei CA-Fünfachkinematik, Kinematik ID 9

Die Singularität bei  $A_{ACS}=0$  trennt die zwei oben angesprochenen ACS Winkellösungen. Bei dem CA-Kopf sind dies z.B. bei einem Richtungsvektor  $ori = (0.0, -0.7071, 0.7071)$

1.  $C_{ACS}=0, A_{ACS}=45$
2. oder  $C_{ACS}=180, A_{ACS}=-45$ .

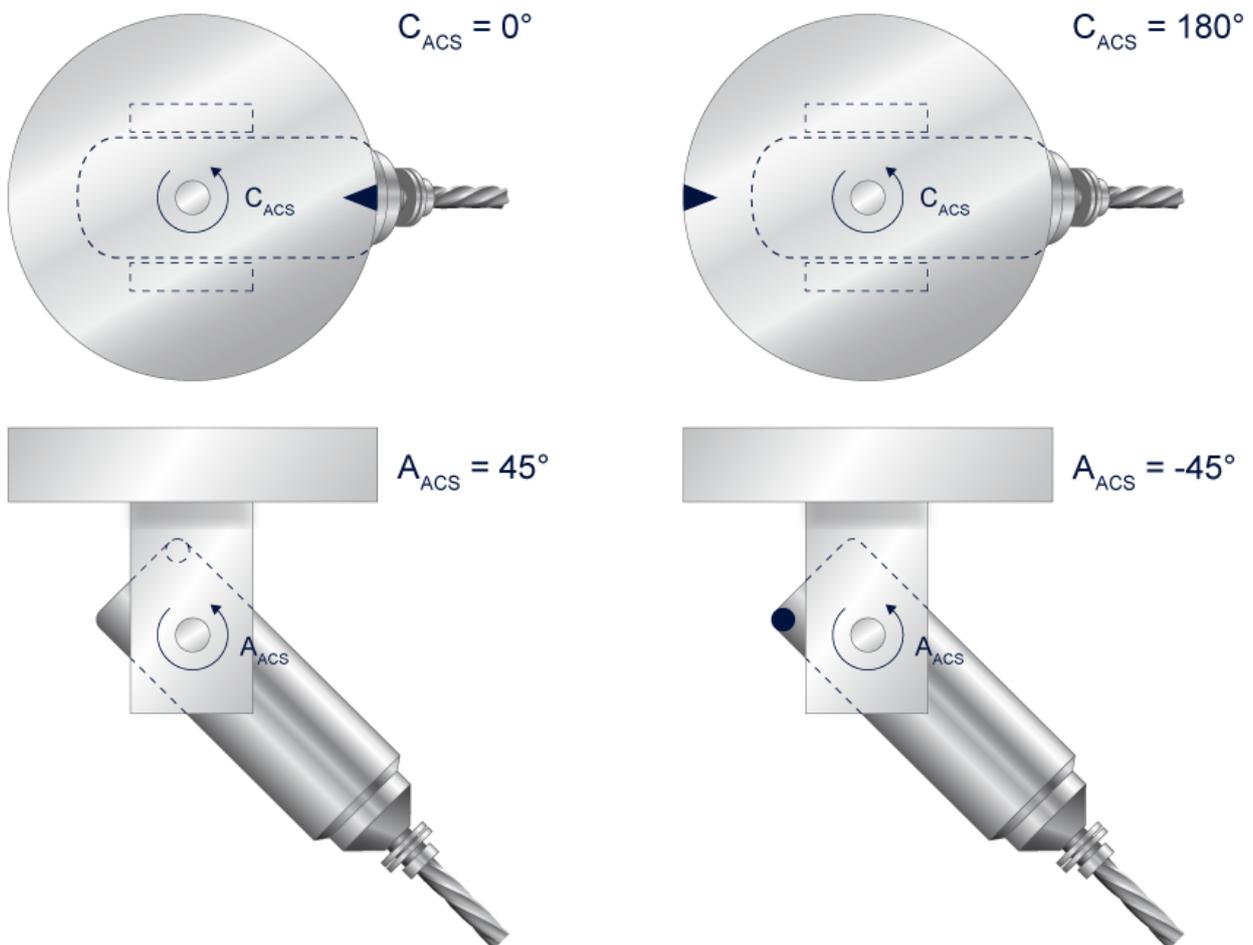


Abb. 3: Exemplarische Stellung einer Singularität

Beim Herausfahren aus der Singularität wählt die Steuerung die Winkellösung entsprechend der „Shortest Way“ Strategie aus.

Abhängig von der Orientierungsänderung in der Nähe dieser singulären Achsstellung können enorme dynamische Beanspruchungen auftreten. Dies kann zu hohen Achsgeschwindigkeiten der Drehachsen führen, obwohl die TCP Bahngeschwindigkeit (Relativgeschwindigkeit des TCP zwischen Werkzeug und Werkstück) an diesen Stellen relativ klein ist.

Für bestimmte Technologien, wie z.B. Laserschneiden, kann mit anderen Werkzeugkopfstrukturen ausreichend Abstand zu dem kritischen Bereich der Singularität dieser Struktur hergestellt werden. Z.B. mit einem AB-Werkzeugkopf, der die Singularität bei Werkzeugrichtungsvektor  $ori = (0.0, 1.0, 0.0)$  und  $ori = (0.0, -1.0, 0.0)$  hat. Mit der technisch erforderlichen Beschränkung des Fasenwinkels der rotatorischen Achsen, z.B.  $B_{ACS}=+50^\circ$ , kann der kritische Bereich umgangen werden.

Optimale Geschwindigkeitsverläufe erhält man für Positionierbewegungen im Bereich der Singularität durch spezielle CNC Funktionen (z.B. #PTP).

## 1.5 Weitere Dokumente zu Transformationen

In der Funktionsbeschreibung [FCT-M5] werden Transformationen zur Rohrbearbeitung beschrieben.

Trafo-ID	Beschreibung
15	Rundrohr, Mantelfläche (3/4-achsig)
78	Rundrohr, Projektion (3/4-achsig)
79	Mehrkantrohr, Profilrohr (3/4-achsig)
90	Rundrohr, Mantelfläche (5/6-achsig)
93	Mehrkantrohr, Profilrohr (5/6-achsig)

In der Funktionsbeschreibung [FCT-C27] wird die Universelle Kinematik mit der ID 91 beschrieben.

Die Funktionsbeschreibung [FCT-C35] enthält die Funktionalität der Koppelkinematik mit der ID 210.

Die Integration eigener Transformationen ist in der Beschreibung des Transformations-Interfaces [McCOM-TRAFO] zu finden.

## 2 Kinematische Transformationen

In den nachfolgenden Kapiteln werden vorgefertigte Kinematiken beschrieben.

Zusätzliche gibt es die Möglichkeit über die Universelle Kinematik ID 91 [FCT-C27] Kinematiken selbst zu erstellen oder über die Koppelkinematik ID 210 [FCT-C35] Kinematiken zusammenzustellen.

### 2.1 KIN\_TYP\_1 – Fünfachs-Kinematik / Einständerbettmaschine

#### Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 2 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkstück sowie einer translatorischen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X,Y, Z, B, C	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	Z, B	X, Y, C

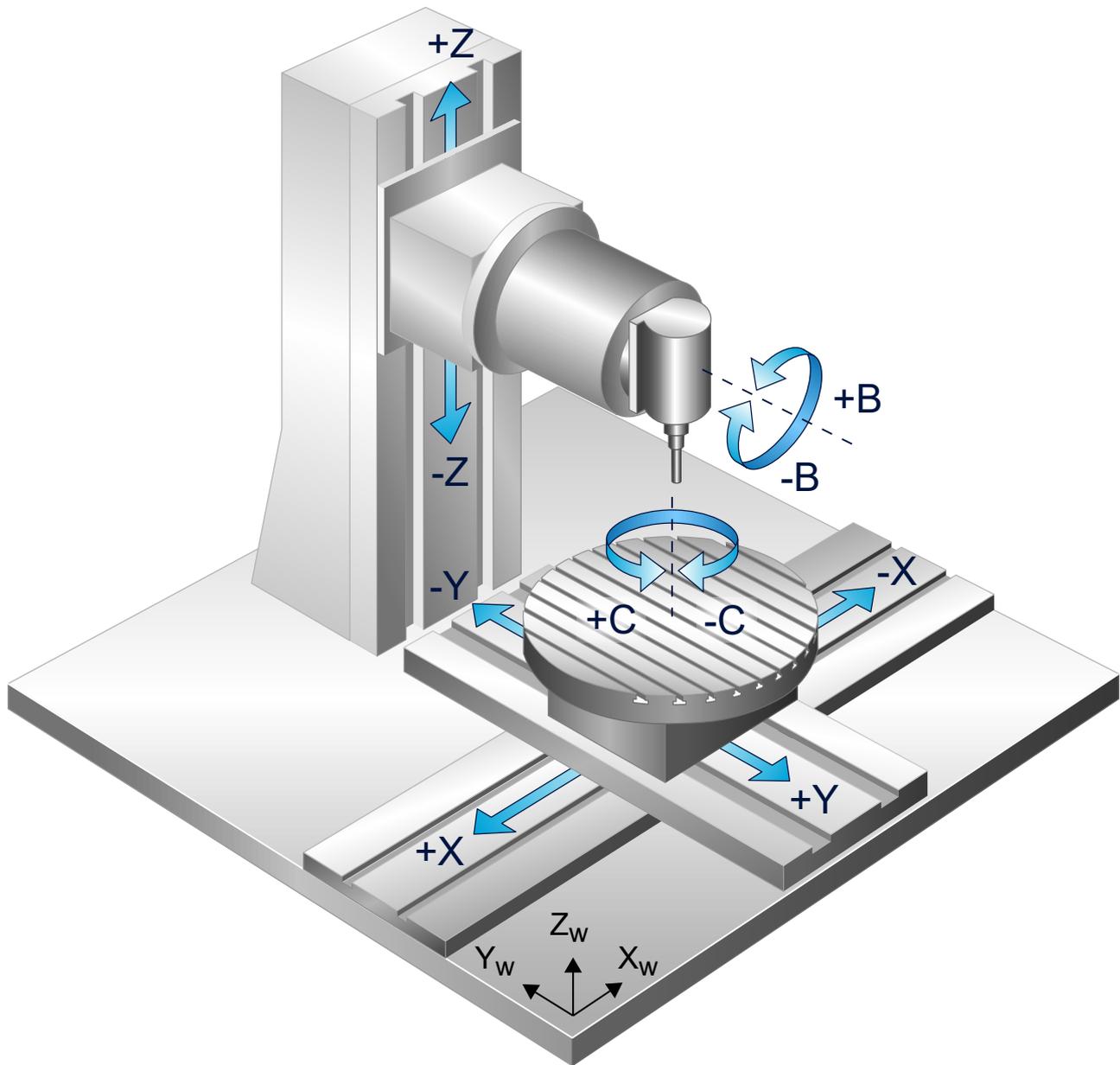


Abb. 4: Kinematik der Einständerbettmaschine

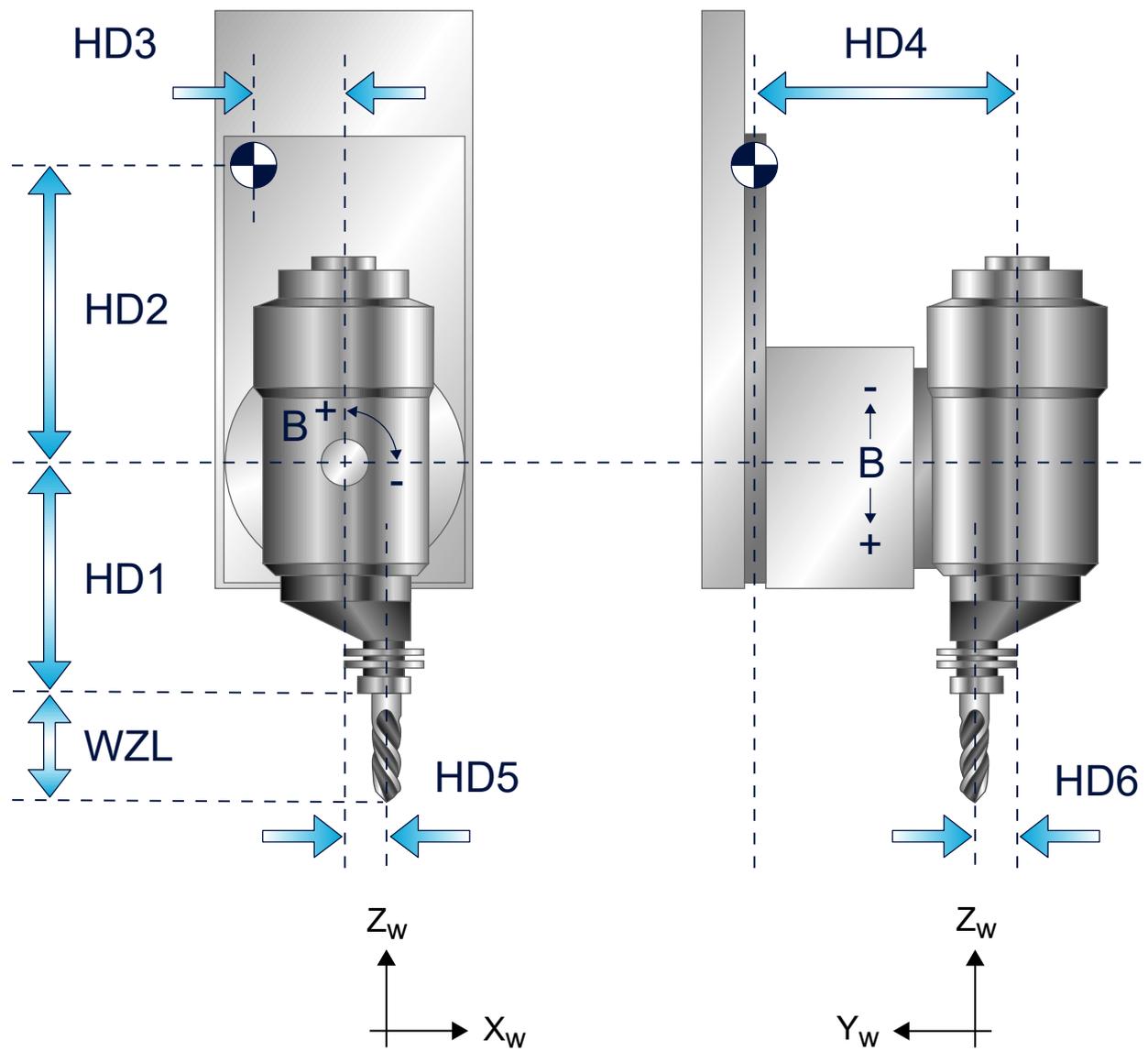


Abb. 5: Versätze im Werkzeugkopf

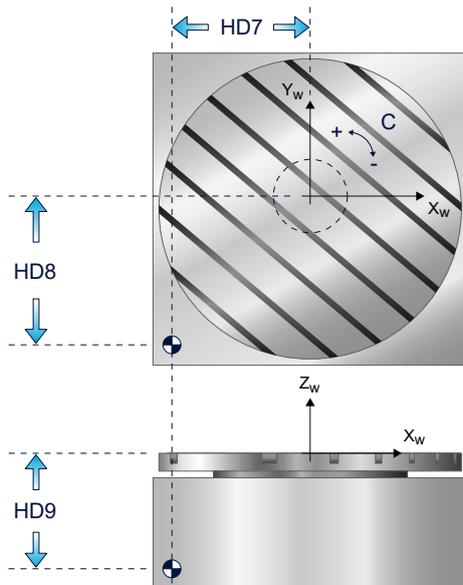


Abb. 6: Versätze am Werkstückträger

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bzpkt. WZ-Schlitten	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Y-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	X-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD6	5	Y-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD10	9	Rotatorischer Offset Drehachse B	1.0 E-4°
HD11	10	Rotatorischer Offset Drehachse C	1.0 E-4°
HD13	12	Drehrichtung B-Achse (*), 0: negativ, 1 positiv	[ - ]
HD14	13	Drehrichtung C-Achse, 0 positiv, 1 negativ	[ - ]

(\* ) Die Drehrichtung der B-Achse ist mathematisch negativ!

## 2.2 KIN\_TYP\_2 – Fünfachs-Kinematik mit Dreh-Schwenkkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und 2 rotatorischen Achsen im Werkzeug (Dreh-/Schwenkkopf).

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A, B	-

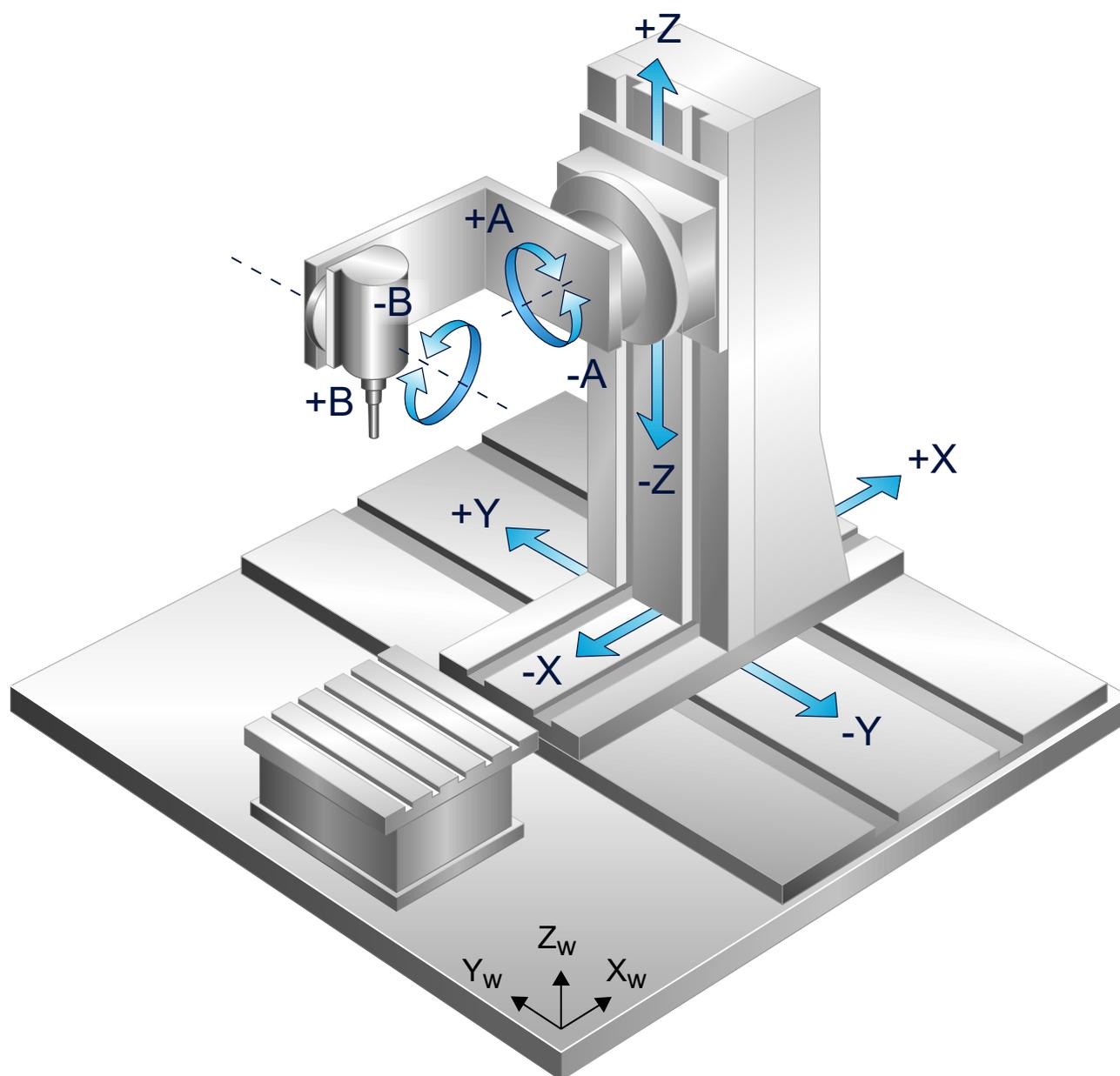


Abb. 7: Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine mit Dreh-Schwenkkopf

Zur Beschreibung des Dreh-/Schwenkkopfs der Maschine aus oben stehender Abbildung sind die Geometrie konstanten HD1, HD2 und HD3 notwendig und wie in unten stehender Abbildung gezeigt zu verwenden. Der Dreh-/Schwenkkopf ist dabei in der Draufsicht gezeichnet.

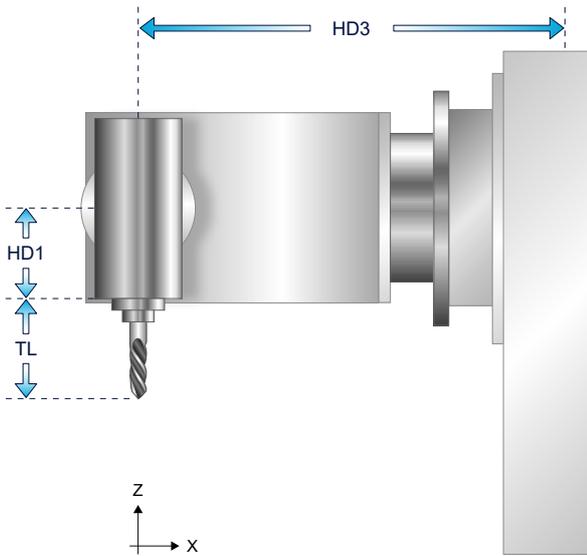


Abb. 8: Größen L, TX, HD1, HD2 und HD3 des Dreh-/Schwenkkopfes

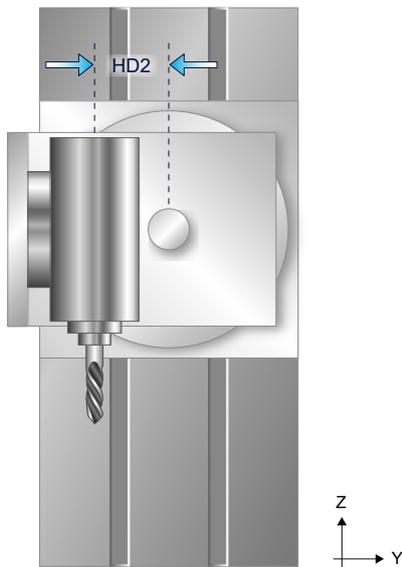


Abb. 9: Ansicht von vorne

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz von B-Achse zu A-Achse	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz von B-Achse zu A-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.3 KIN\_TYP\_3 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug (Doppelspindelkopf).

Mit KIN\_TYP\_4 wird die untere Spindel selektiert.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B	-

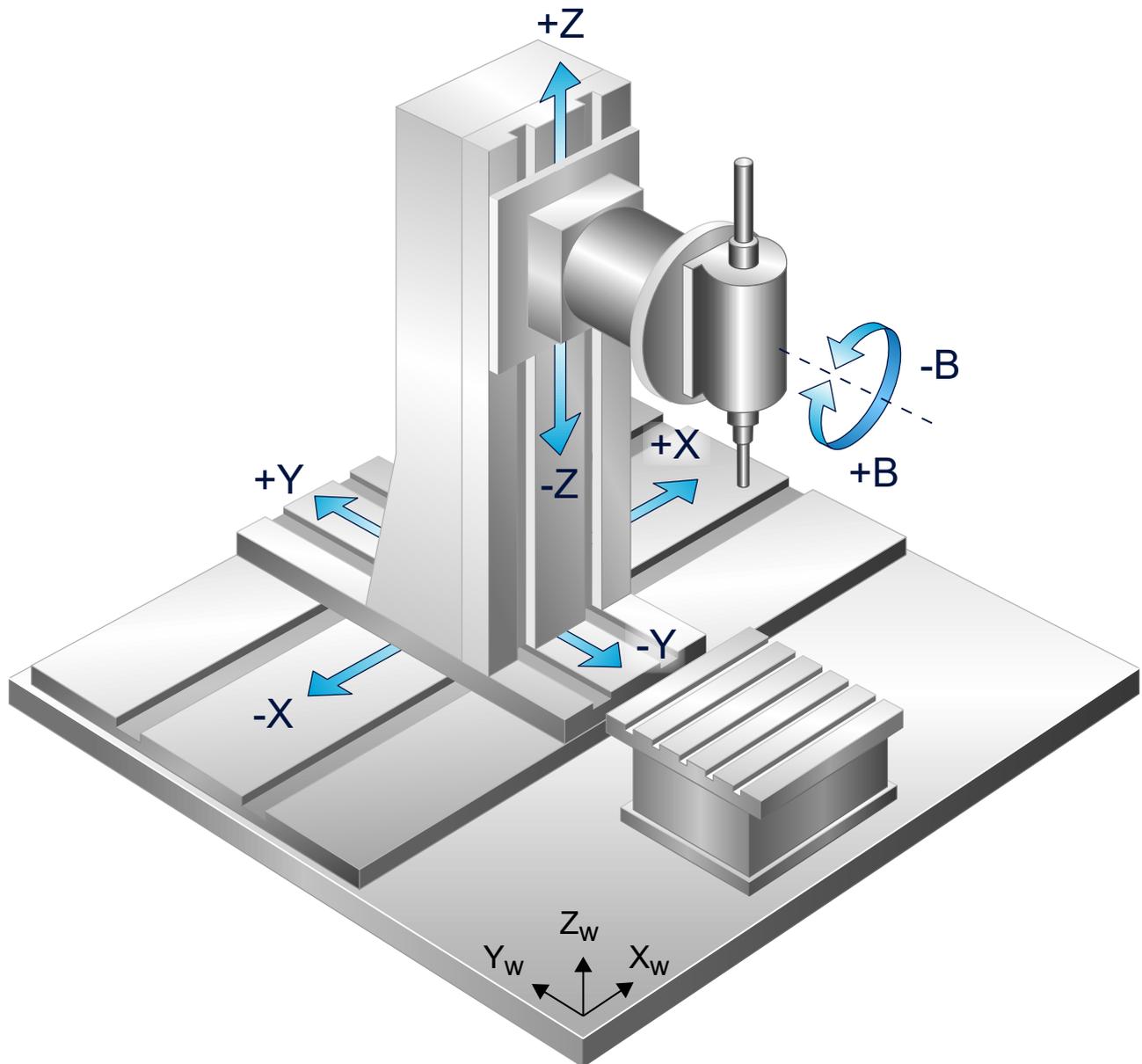


Abb. 10: Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf

Der Aufbau des Fräskopfes ist in der Abbildung oben für die Nullstellung der B-Achse dargestellt. Er besitzt 2 Spindeln (im Folgenden *obere* und *untere* Spindel genannt, unabhängig von der momentanen Position der B-Achse), so dass 2 Werkzeuge einspannbar sind, die um 180° gegeneinander verdreht sind.

Die Auswahl, welche der beiden Spindeln bzw. welches der 2 Werkzeuge momentan aktiv ist, ist durch einen Befehl im NC-Programm möglich.

Bei aktiver oberer Spindel muss der programmierte Wert für die B-Achse folgendermaßen verändert werden:

$$b_M = b_M + 180^\circ$$

Ein Wechsel der Spindel bedeutet somit eine Drehung der B-Achse um 180°, sowie bedingt durch die Geometrie konstanten bei aktivem RTCP, translatorische Verschiebungen aller 3 Linearachsen.

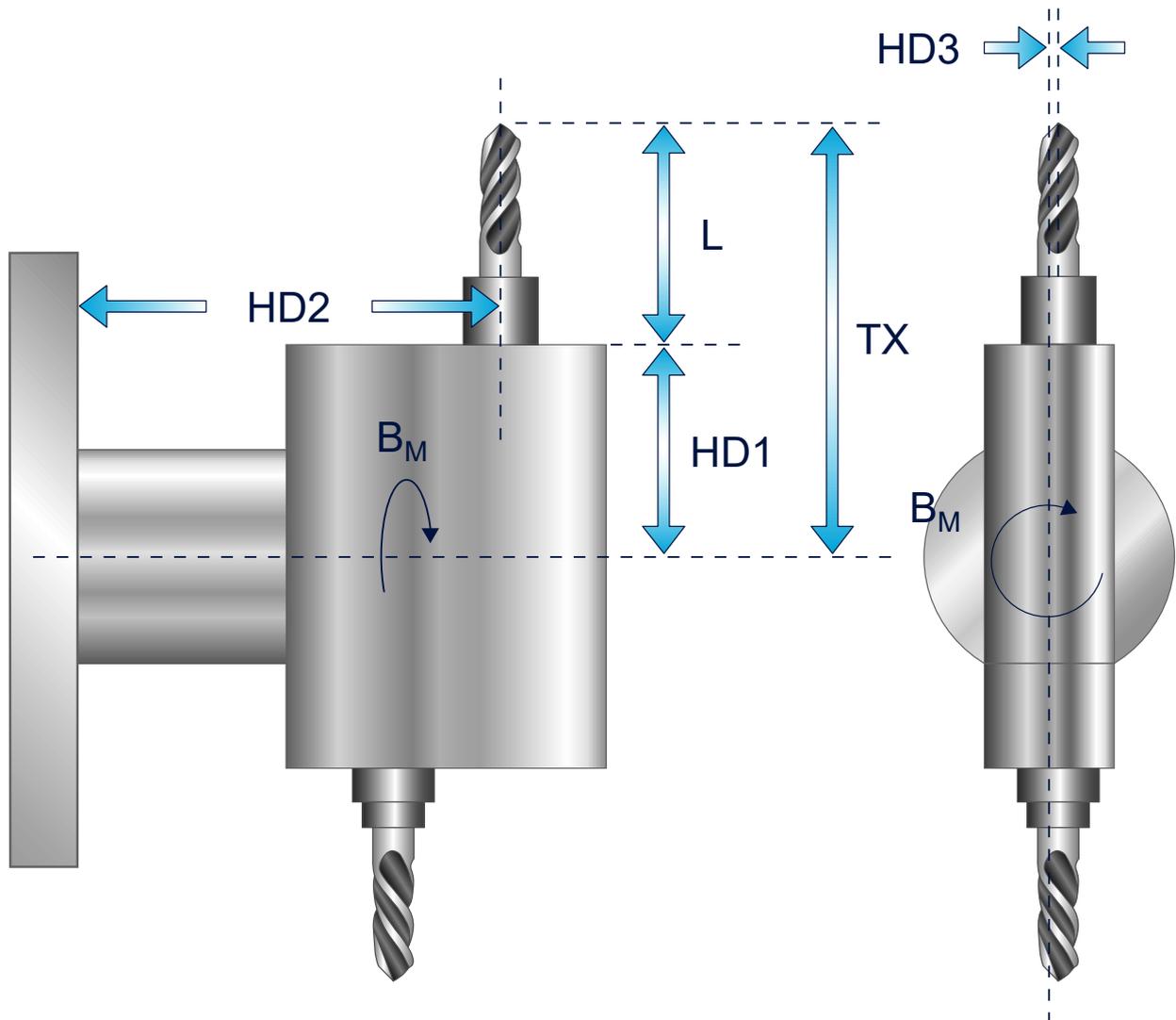


Abb. 11: Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (obere Spindel)

#### Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz Werkzeugkopf	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz von Werkzeugeinspannpunkt zu B-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.4 KIN\_TYP\_4 - Vierachs-Kinematik mit Doppelspindelkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug (Doppelspindelkopf).

Mit KIN\_TYP\_3 wird die obere Spindel selektiert.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B	-

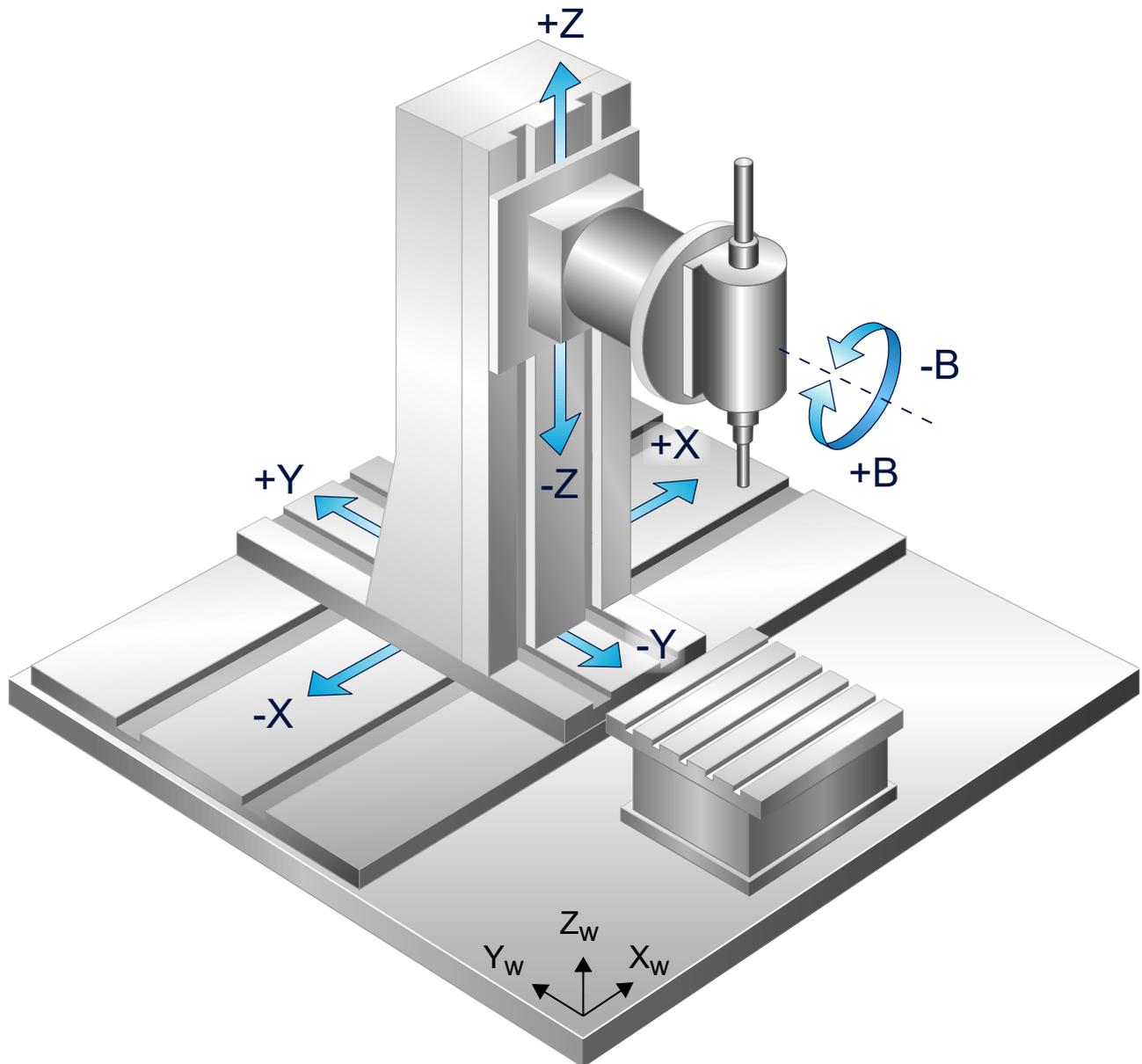


Abb. 12: Kinematik der 4-achsigen Fräsmaschine mit Doppelspindelkopf

Der Aufbau des Fräskopfes ist in der Abbildung oben für die Nullstellung der B-Achse dargestellt. Er besitzt 2 Spindeln (im Folgenden *obere* und *untere* Spindel genannt, unabhängig von der momentanen Position der B-Achse), so dass 2 Werkzeuge einspannbar sind, die um 180° gegeneinander verdreht sind.

Die Auswahl, welche der beiden Spindeln bzw. welches der 2 Werkzeuge momentan aktiv ist, ist durch einen Befehl im NC-Programm möglich.

Bei aktiver oberer Spindel muss der programmierte Wert für die B-Achse folgendermaßen verändert werden:

$$b_M = b_M + 180^\circ$$

Ein Wechsel der Spindel bedeutet somit eine Drehung der B-Achse um 180°, sowie bedingt durch die Geometrie konstanten bei aktivem RTCP, translatorische Verschiebungen aller 3 Linearachsen.

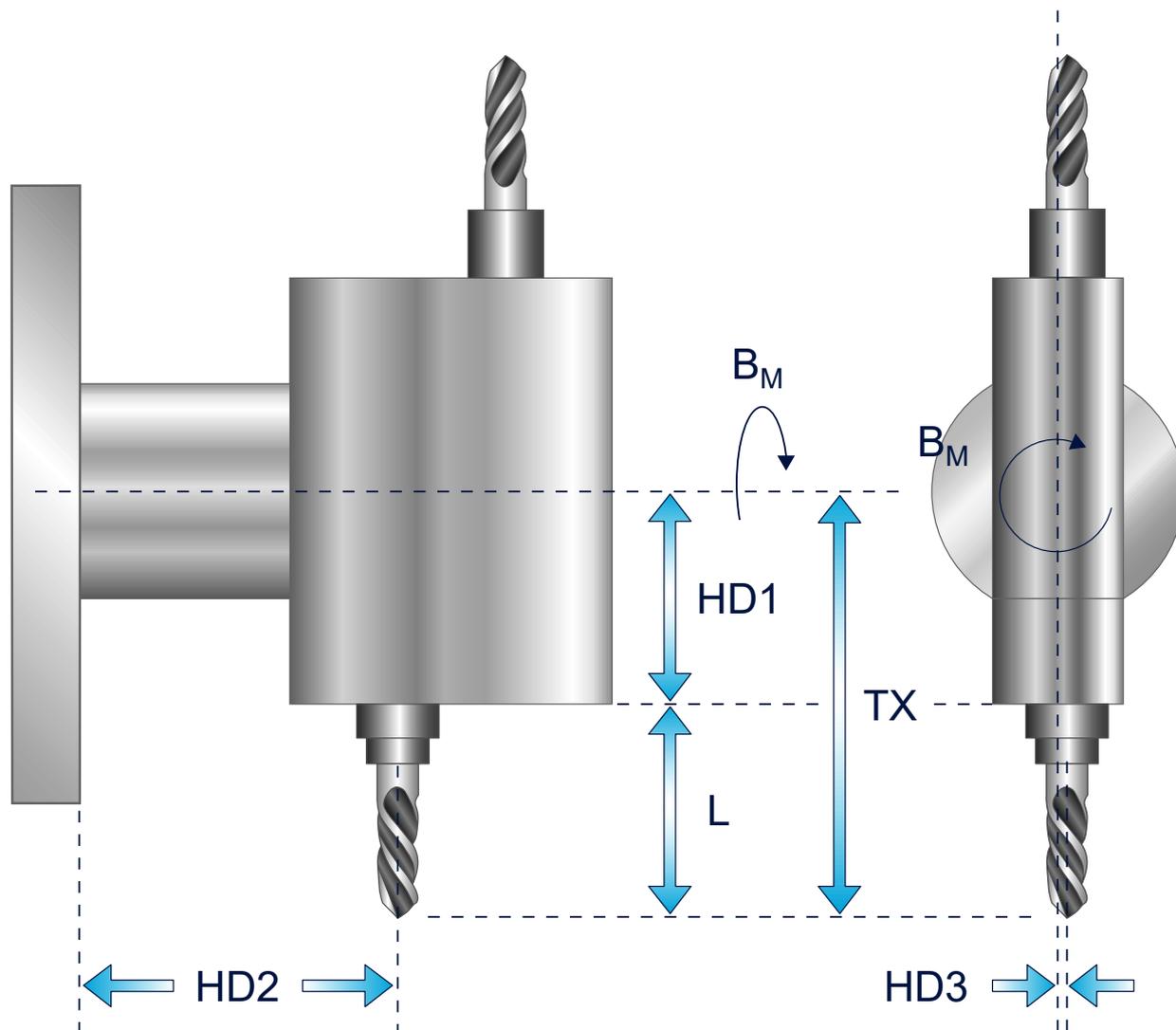


Abb. 13: Doppelspindelkopf in Seiten- und Vorderansicht (untere Spindel))

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt B-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz Werkzeugkopf	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Versatz von Werkzeugeinspannpunkt zu B-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.5 KIN\_TYP\_5 – Vierachs-Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

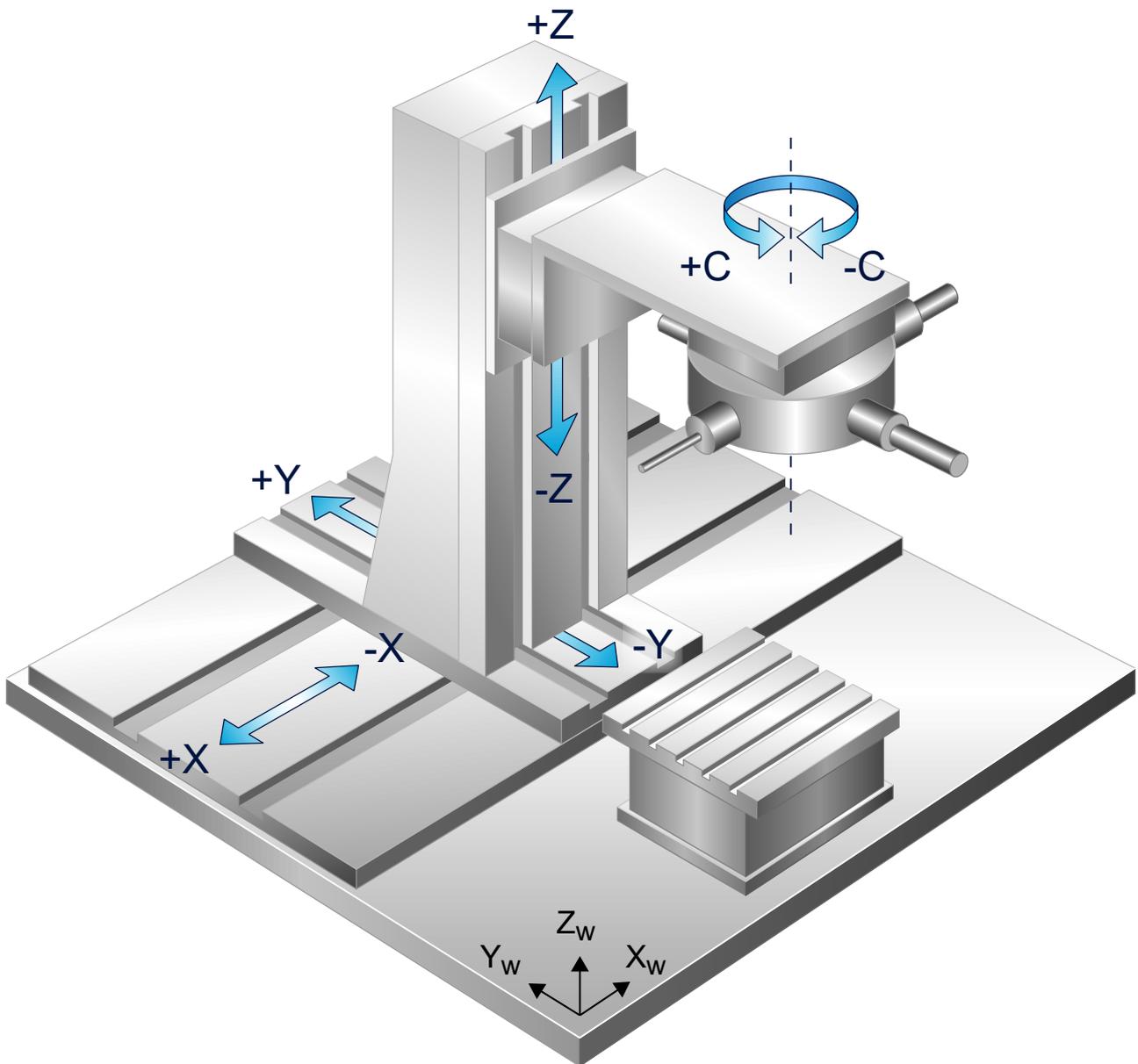


Abb. 14: 4-achsige Kinematik mit Kreuzkopf für 4 Werkzeuge

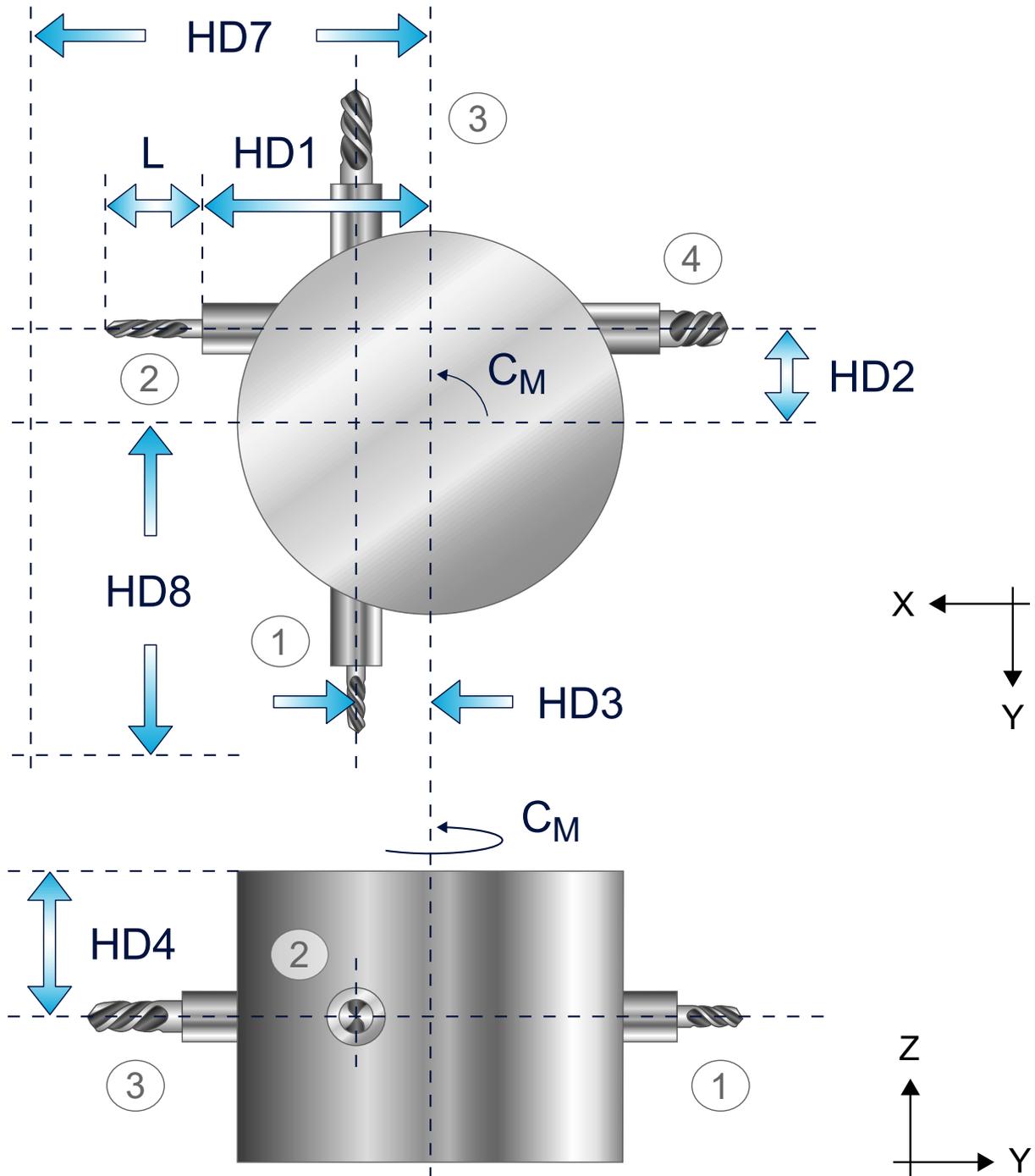


Abb. 15: Werkzeugkreuzkopf

Die Angabe, welches Werkzeug momentan aktiv ist, erfolgt durch die Belegung des Werkzeugversatzes  $HD5$  der C-Achse.  $HD5$  wird von der Nullstellung der C-Achse (Y-Achse) zur Werkzeugposition hin positiv gerechnet.

Sind die 4 Werkzeuge, wie in oben stehender Abbildung gezeichnet, rechtwinklig zueinander angeordnet, so ergibt sich beim Wechsel der Spindel eine Drehung der C-Achse um  $90^\circ$  bzw.  $180^\circ$  sowie, bedingt durch die Geometrie konstanten bei aktivem RTCP, translatorische Verschiebungen der X- und Y-Achse.

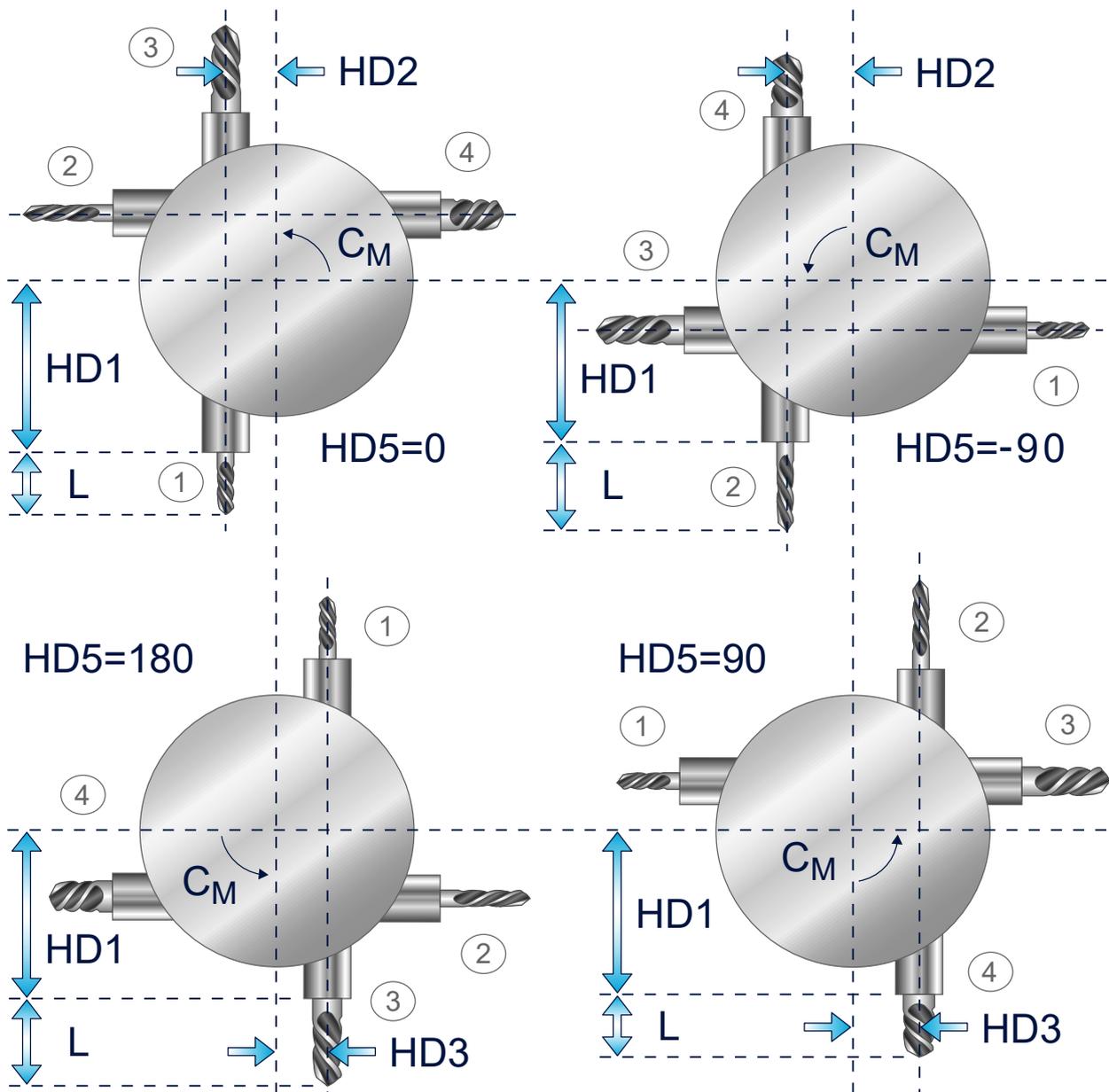


Abb. 16: Werkzeugkreuzkopf mit Nullstellungen der Werkzeuge 1..4



Für jedes Werkzeug des Kopfes ist ein Datensatz mit Kopfparametern zu halten. Über den zugeordneten Werkzeugkopfdatensatz wird eines der Werkzeuge 1-4 selektiert.

Zur Vermaßung der Kopfversätze der einzelnen Werkzeuge wird das zugehörige Werkzeug über eine Drehung in die Nullstellung des Werkzeugs 1 gebracht (positive Y-Richtung).

Neben den einheitlichen Kopfparametern HD1, HD4, HD5 wird das Werkzeug 1 und 2 über den Kopfparameter HD2 parametrisiert, Werkzeug 3 und 4 über Kopfparameter HD3.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt zu Bezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	Versatz Bezugspunkt Drehmittelpunkt C-Achse Werkzeug 1 und 2	1.0 E-4 mm

HD3	2	Versatz Bezugspunkt Drehmittelpunkt C-Achse Werkzeug 3 und 4	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achsnullposition	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm

## 2.6 KIN\_TYP\_6 – Vierachs-Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen und einer rotatorischen Achse im Werkzeug. Als Besonderheit weist bei dieser Kinematik das Werkzeug in positive Z-Richtung.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

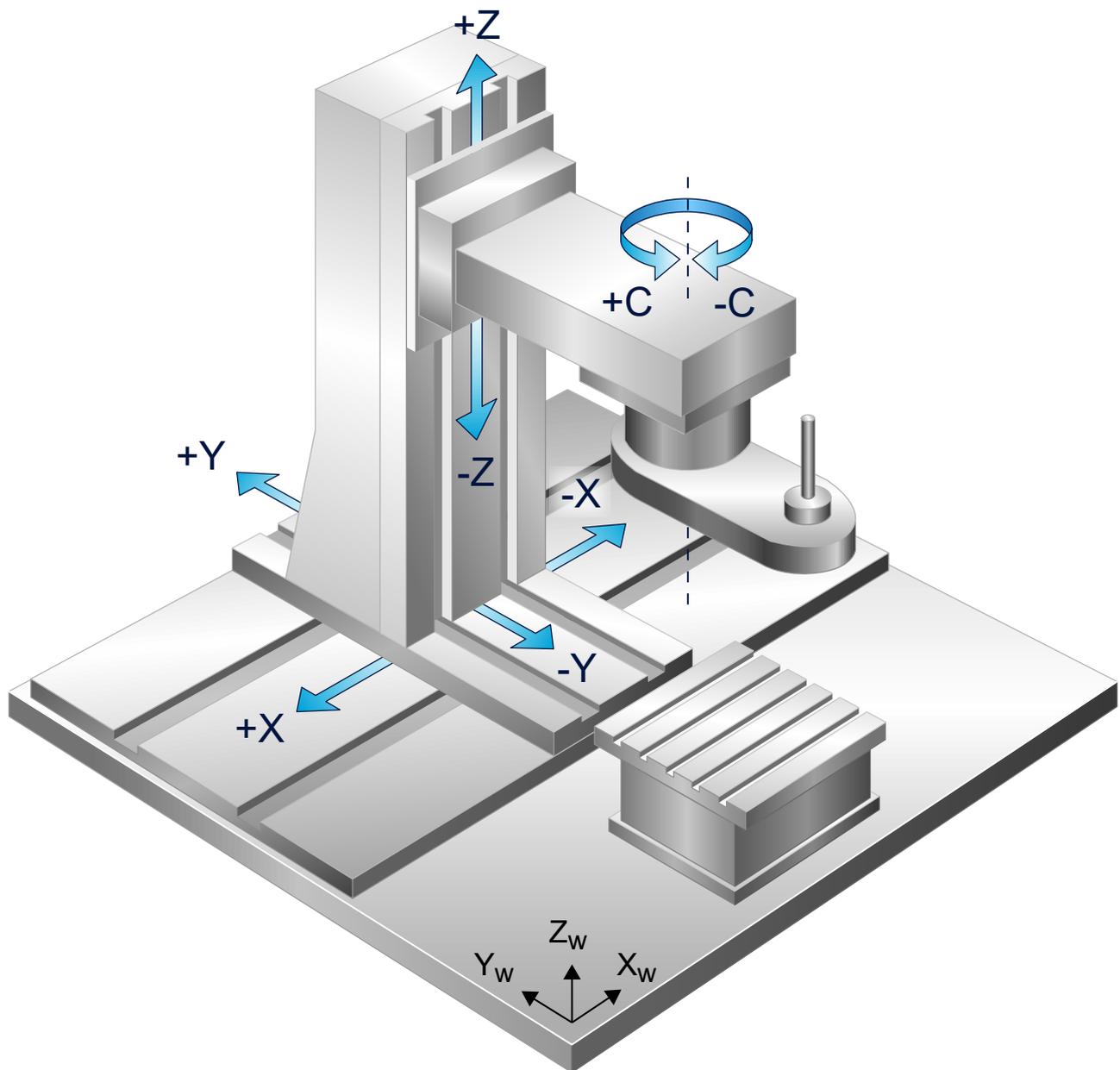


Abb. 17: 4-achsige Kinematik mit Unterflur-Fräswerkzeug

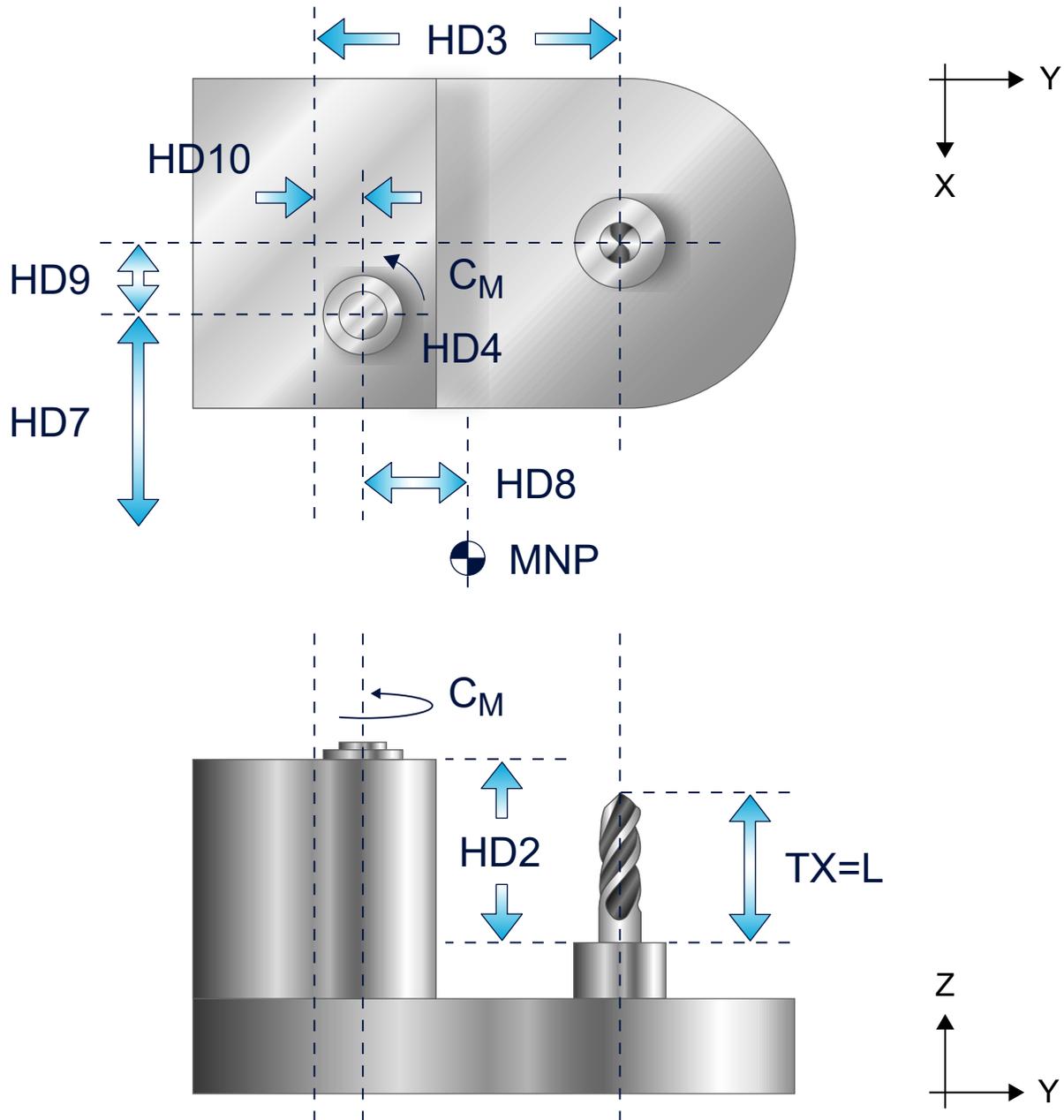


Abb. 18: Werkzeugkopf zum Unterflurfräsen (Ruhstellung mit HD4 = 0)

Die Achsen sind im Sinne eines Rechtssystems angeordnet. Die Nullstellung der C-Achse liegt in positiver Richtung der Y-Achse.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Drehachse C zu Werkzeugdrehachse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achsnullposition	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.7 KIN\_TYP\_7 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Bohren)

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Weiterhin steht eine manuell einstellbare rotatorische 5.Achse zur Verfügung. Diese Achse ist also vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, C	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z, A, C	-
<b>Hilfsachsen</b>	A	-

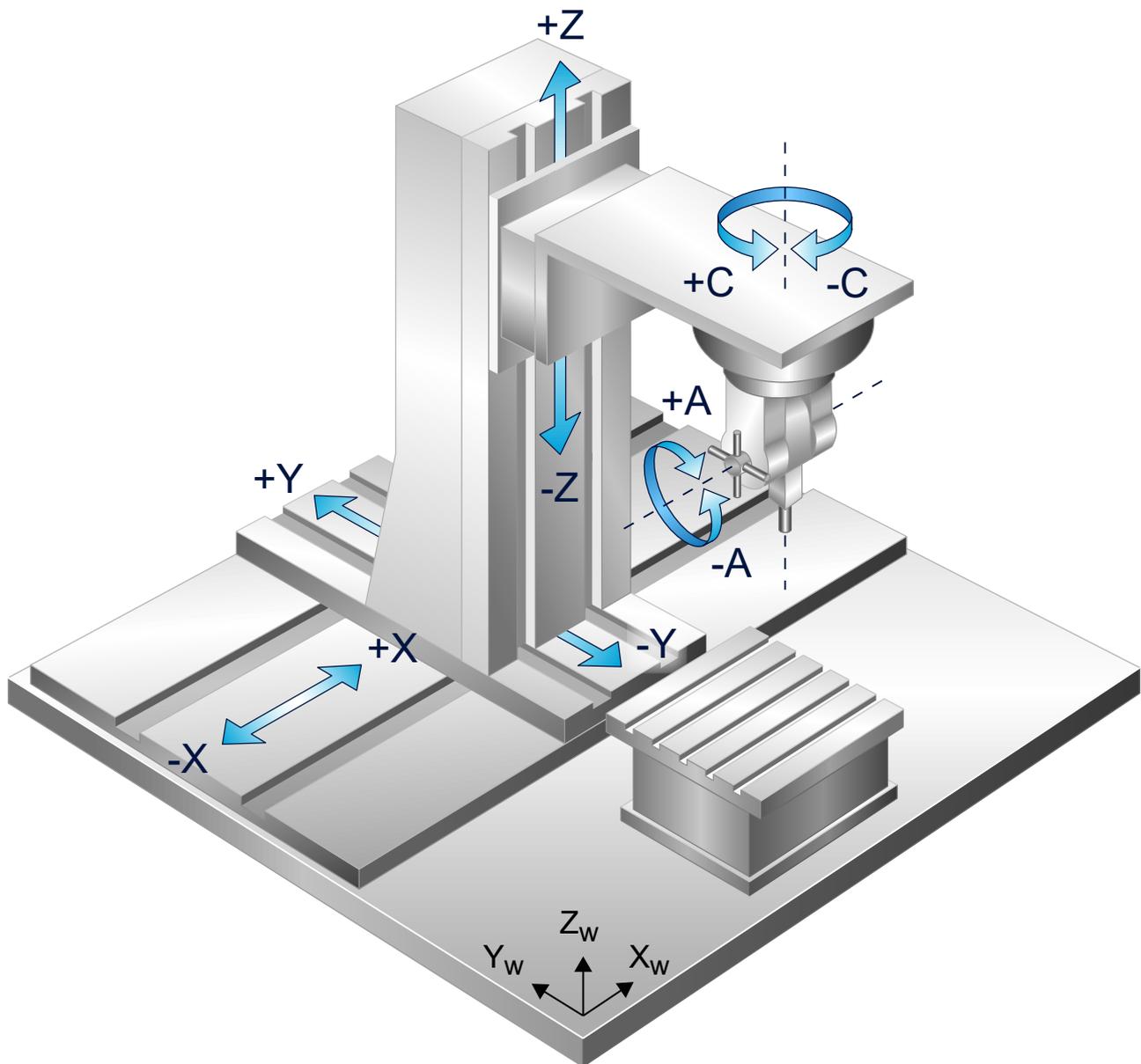


Abb. 19: 5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräswerkzeug mit manueller Hilfsachse A)

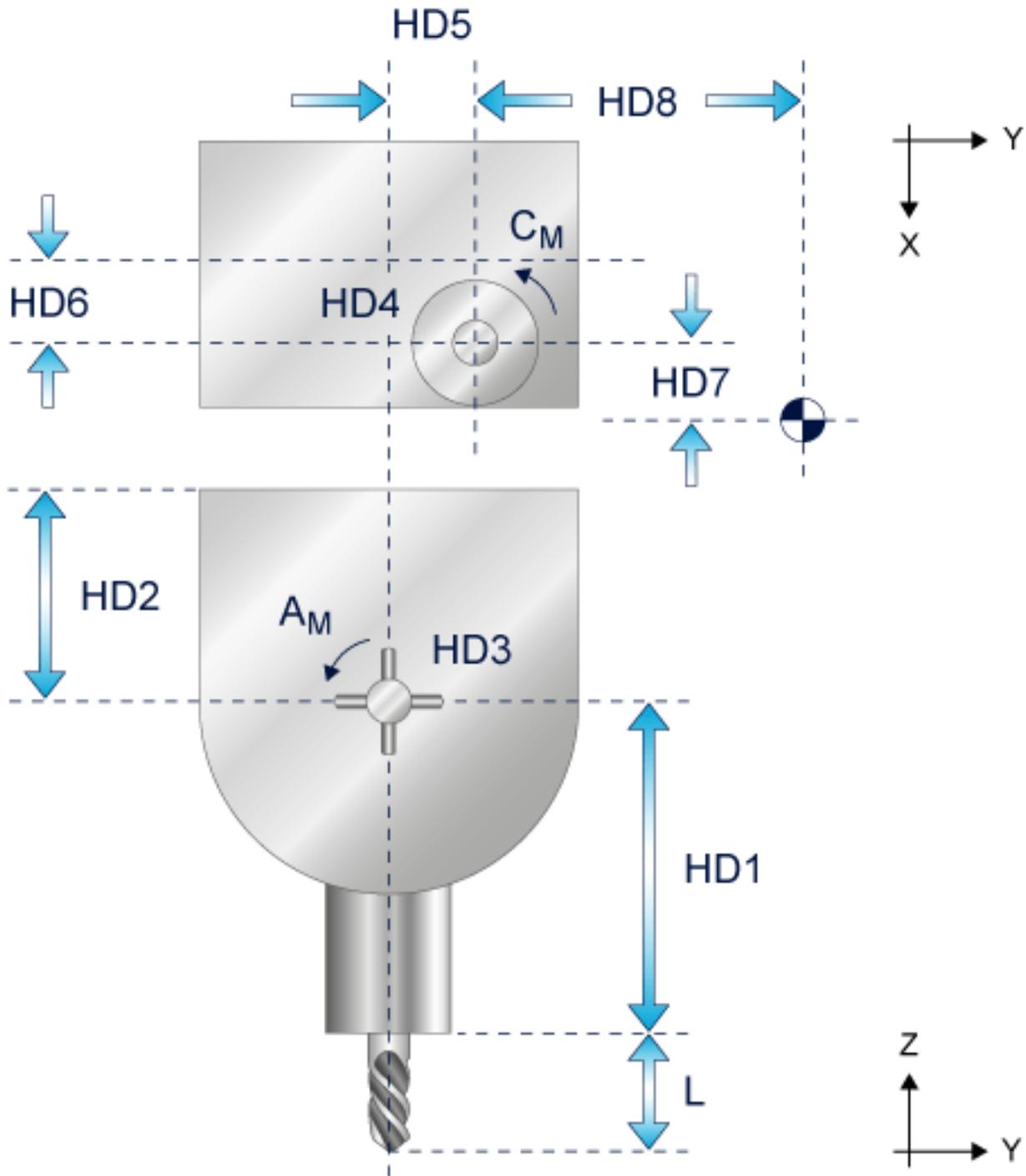


Abb. 20: 5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit  $HD3=0$ ,  $HD4=0$ ,  $CM=0$ )

Die Achsen sind im Sinne eines Rechtssystems angeordnet. Die Nullstellung der A-Achse liegt in negativer Richtung der Z-Achse.

Bei dem 5-achsigen Werkzeugkopf mit manuell einstellbarer A-Achse ist die automatische Orientierungseinstellung von der Stellung der A-Achse abhängig. Stimmen physikalische Maschinenachseposition und Wert im HD-Parameter der A-Achse nicht überein, so ist keine korrekte automatische Ausrichtung möglich.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD4	3	Winkelversatz Werkzeug zu C-Achsnullposition	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Werkzeugkopfbezugspunkt bis Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	Statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm

## 2.8 KIN\_TYP\_8 – Fünfachs-Kinematik mit man. Hilfsachse (Sägen)

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Weiterhin steht eine manuell einstellbare rotatorische 5. Achse zur Verfügung. Diese Achse ist vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, C	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z, A, C	-
<b>Hilfsachsen</b>	A	-

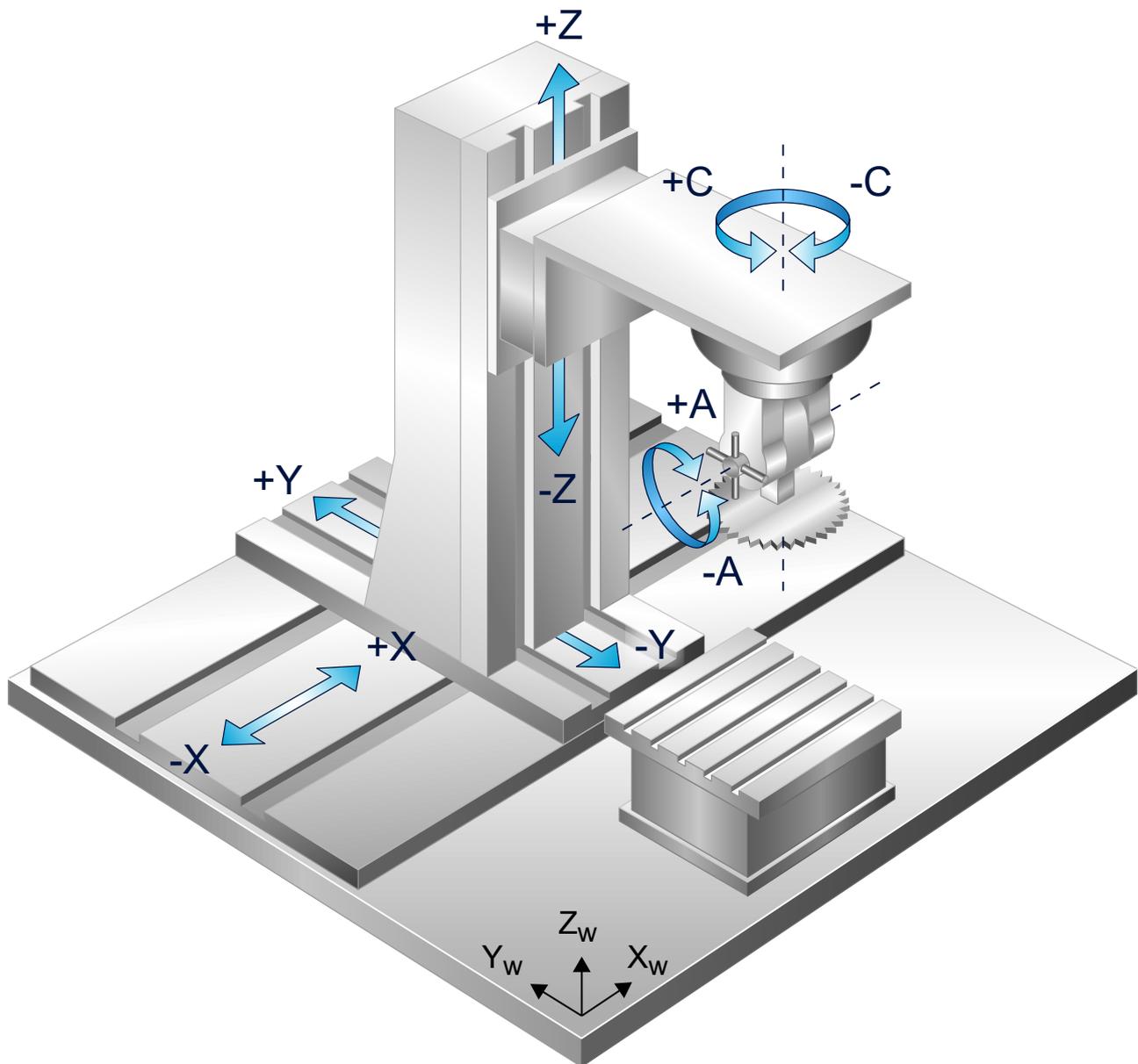


Abb. 21: 5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manueller Hilfsachse A)

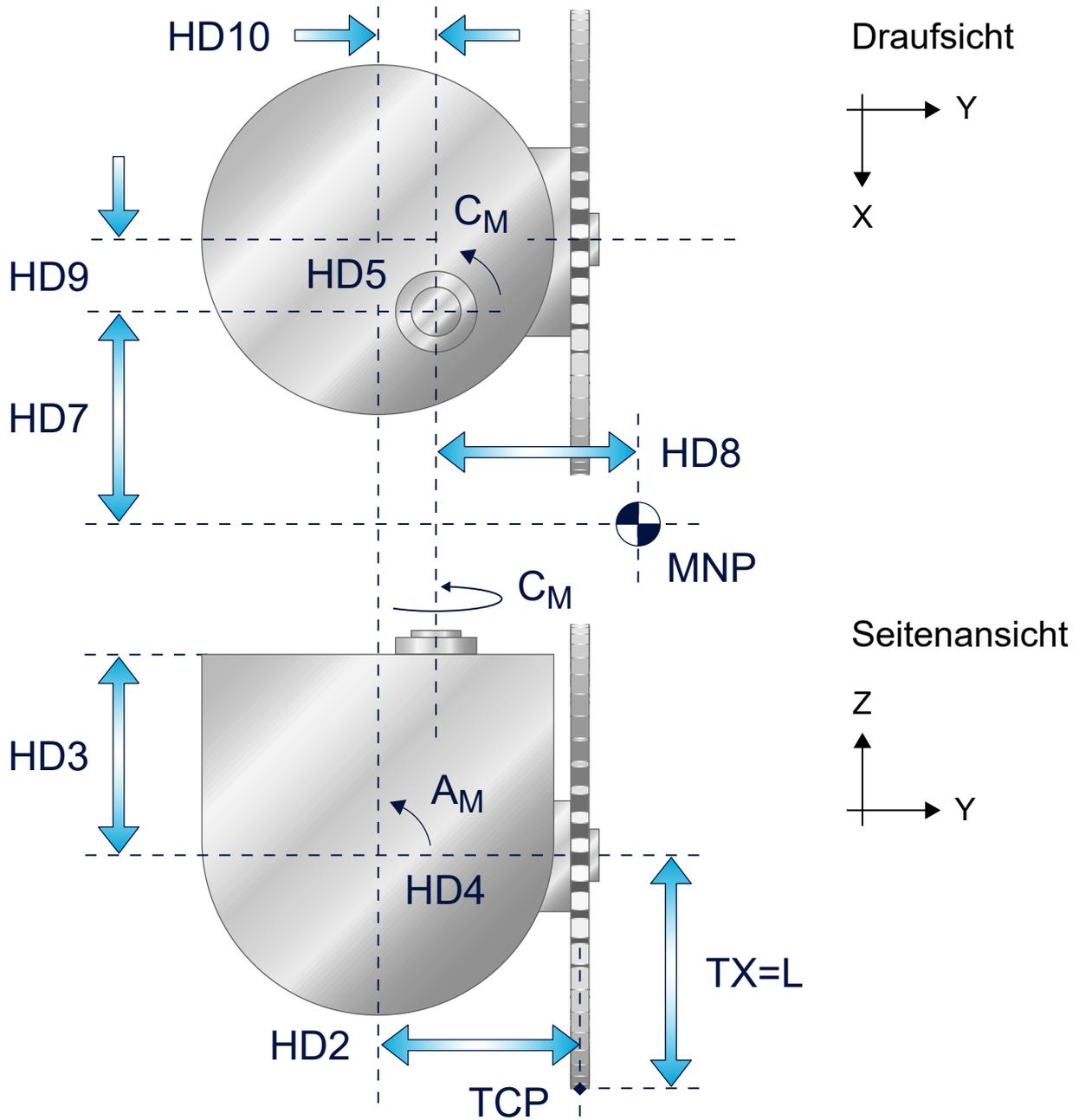


Abb. 22: 5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit  $HD5 = 0$ ,  $HD4 = +90$ ,  $CM=0$ )

Bei dem 5-achsigen Werkzeugkopf mit manuell einstellbarer A-Achse ist die automatische Orientierungseinstellung von der Stellung der A-Achse abhängig.

Stimmen physikalische Maschinenachsposition und Wert im HD-Parameter der A-Achse nicht überein, so ist keine korrekte automatische Ausrichtung möglich.

**Versatzdaten der Kinematik**

<b>HD-Versatz</b>	<b>param[i]</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Einheit</b>
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.9 KIN\_TYP\_9 – Fünfachs-Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

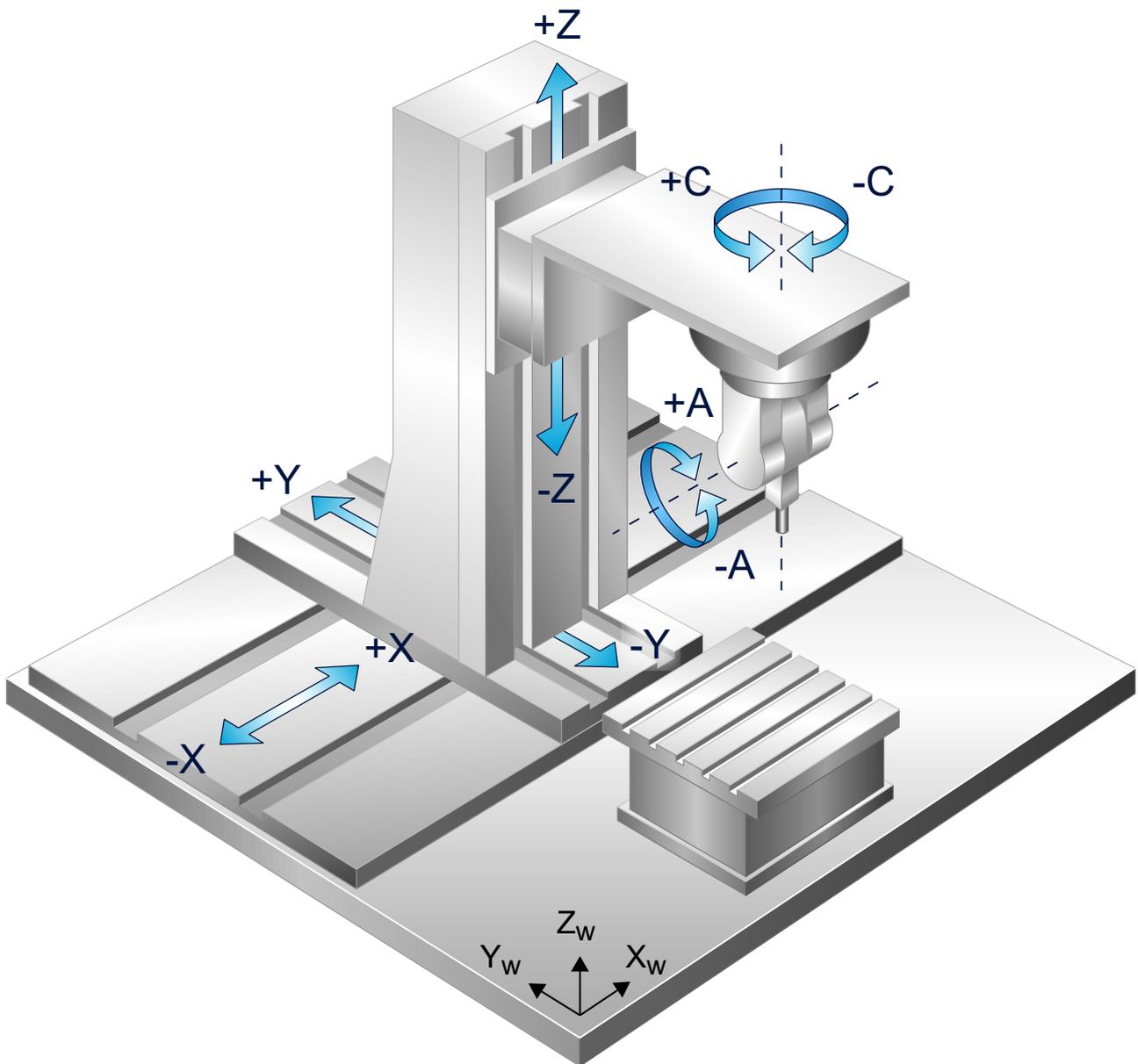


Abb. 23: 5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)

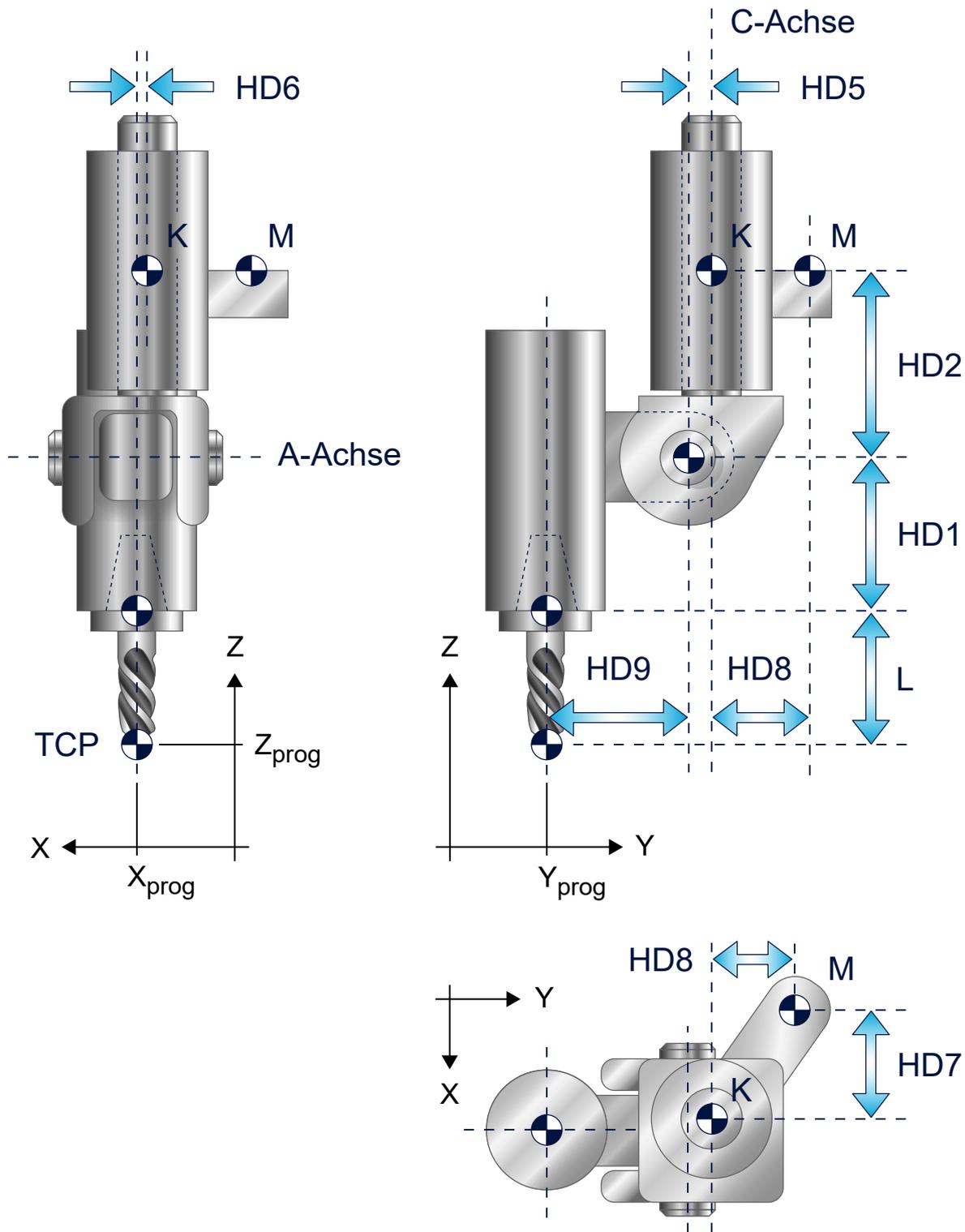


Abb. 24: 5-achsiges Bohr-/Fräswerkzeug (Ruhestellung mit  $HD3 = 0$ ,  $AM=0$ ,  $HD4=0$ ,  $CM=0$ )

Die Punkte M und K in obiger Abbildung sind zwei Bezugspunkte.

(M)aschinenbezugspunkt und (K)inematikbezugspunkt

Es handelt sich bei dem ACS Versatz zwischen den Punkten M und K um einen statischen Versatz d.h. er ist unabhängig von der Winkelstellung der Drehachsen C, A.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
------------	----------	--------------	---------

HD1	0	Z-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehachse A zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	statischer Kopfversatz in X (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Kopfversatz in Y (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Achsversatz Fräserachse zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.10 KIN\_TYP\_10 – Fünffachs-Kinematik (Sägen)

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

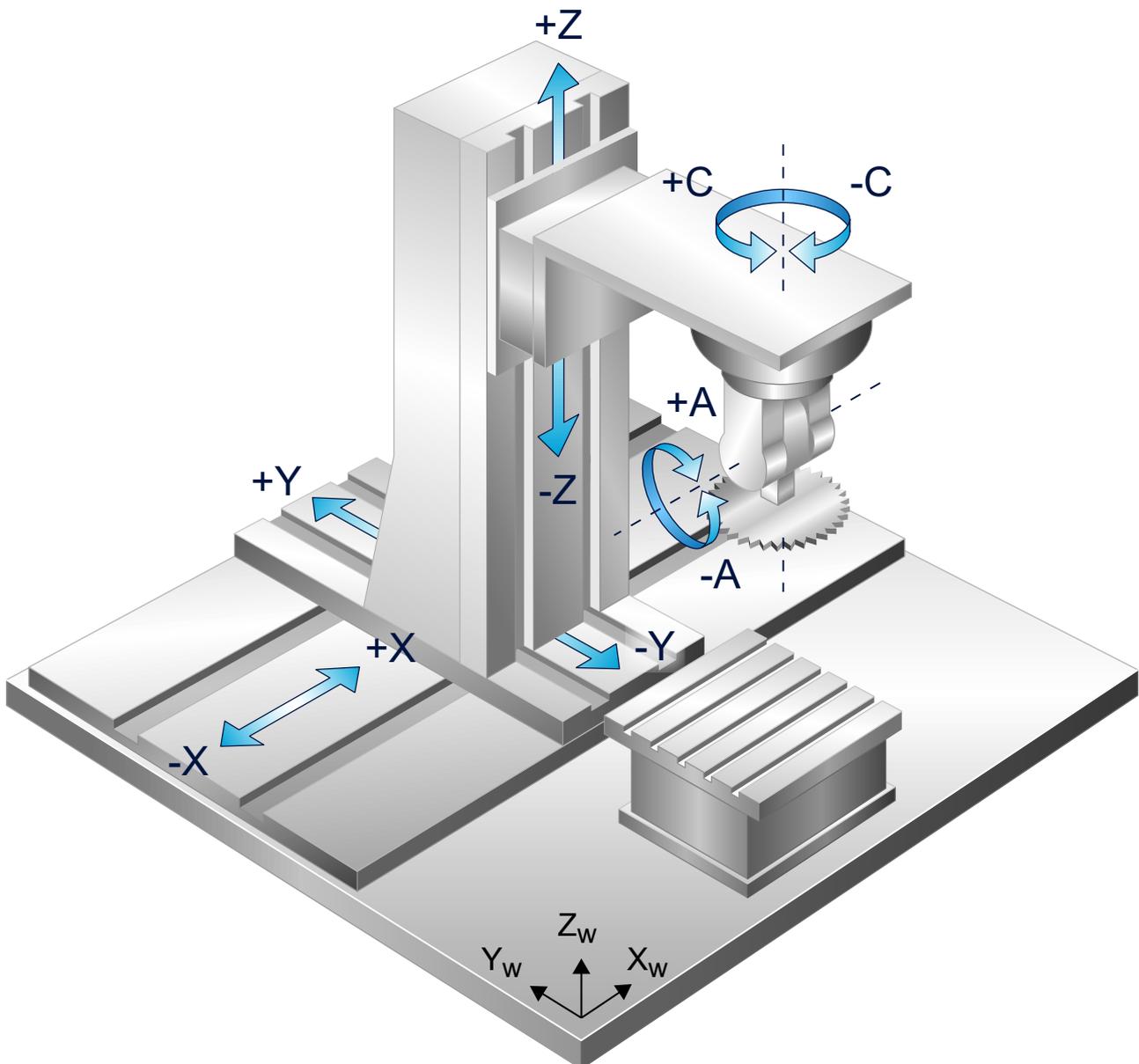


Abb. 25: 5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug)

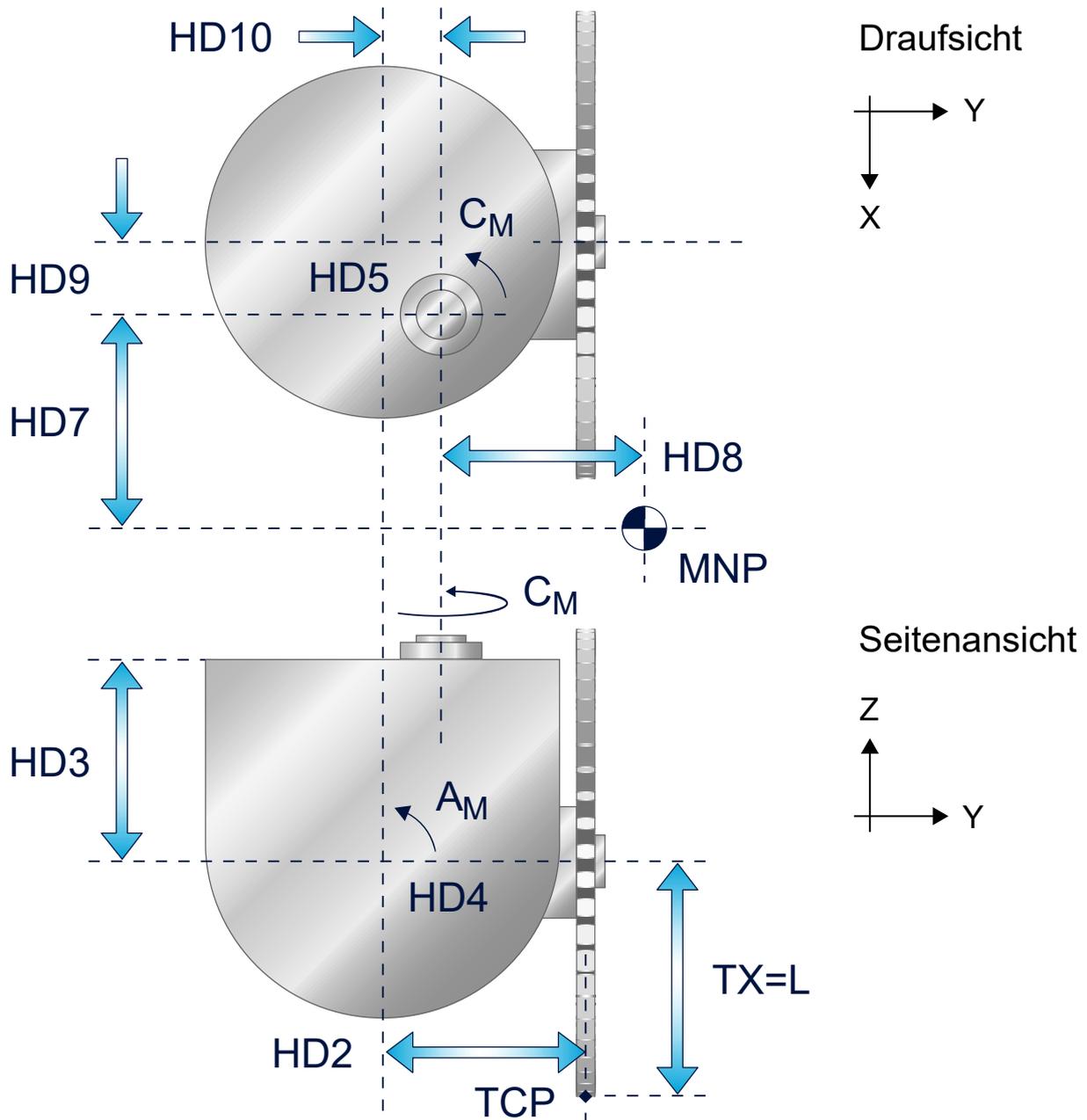


Abb. 26: 5-achsiges Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 =0, CM=0, HD4 =0, AM =90)

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse) zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.11 KIN\_TYP\_11 – Fünffachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen kartesischen Achsen und 2 rotatorischen Achsen. Als Besonderheit weist die Maschine die schräg aufgesetzte B-Achse auf.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, B	Z, A

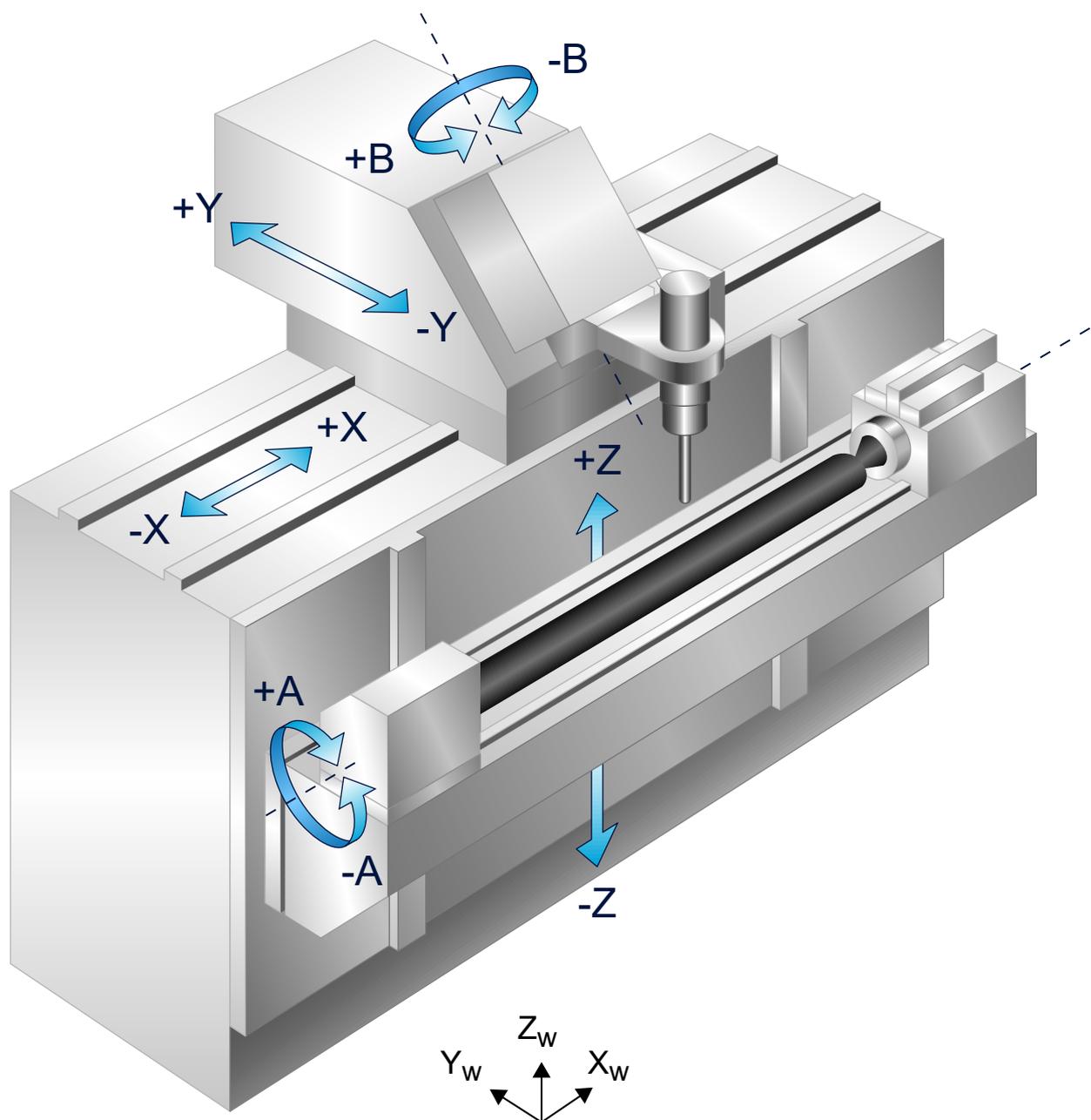


Abb. 27: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine mit Schrägwinkelkopf

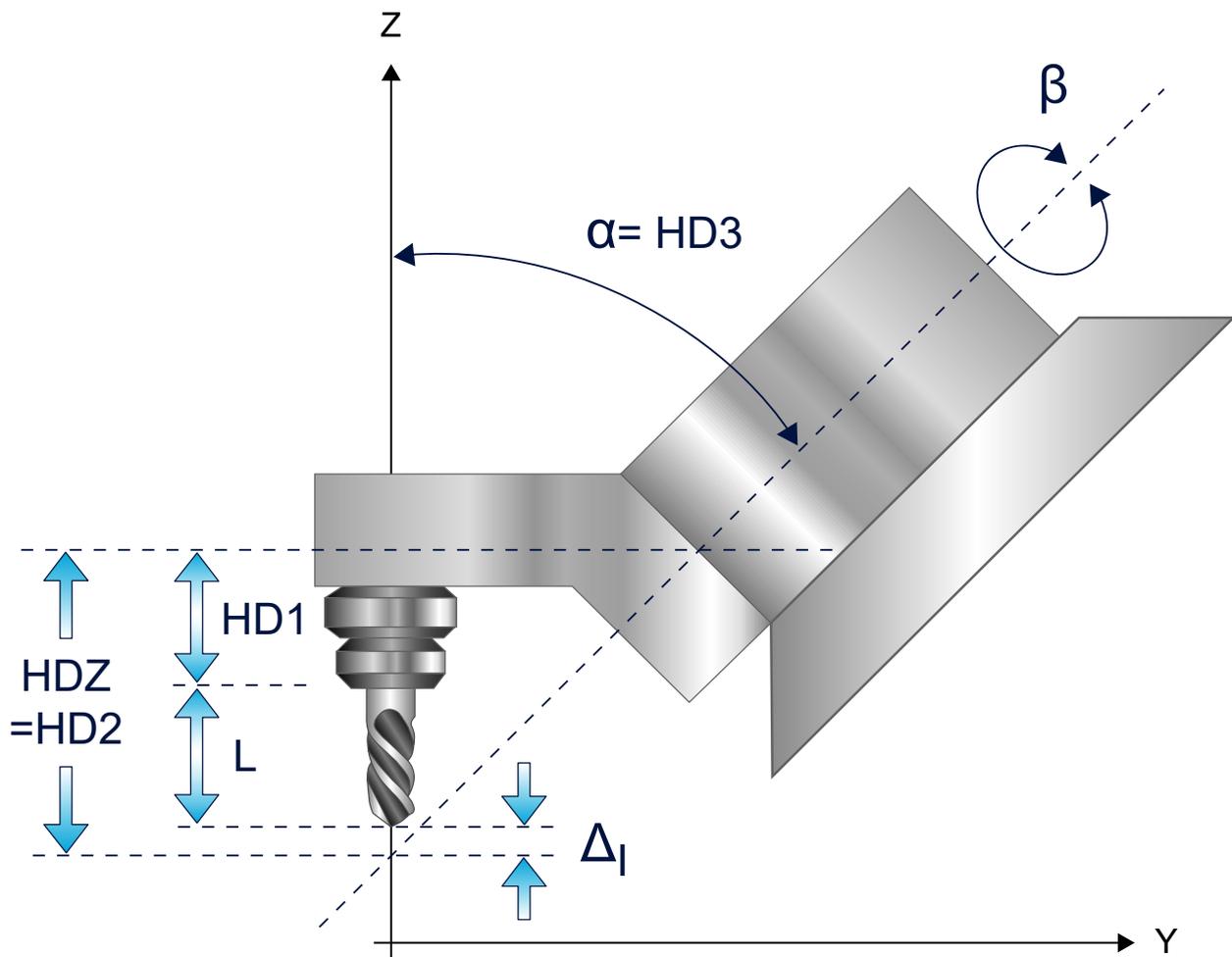


Abb. 28: Winkel und Längen am Schrägwinkelkopf

Bei der Kinematik fällt besonders die Konstruktion der schiefwinkligen B-Achse auf: Wird die Werkzeuglänge so gewählt, dass der TCP (Tool Center Point) genau auf der Verlängerung der B-Achse zu liegen kommt (Werkzeugversatz HDZ), so sind bei Änderungen der Werkzeugorientierung über die B-Achse keine Ausgleichsbewegungen in den translatorischen Achsen notwendig (Ausgleichsbewegungen aufgrund von Orientierungsänderung in der A-Achse sind immer vorhanden). Ist die Werkzeuglänge nicht ideal gewählt, also der TCP nicht exakt auf der Verlängerung der B-Achse, so ergeben sich geringfügige zusätzliche Ausgleichsbewegungen auf den linearen Achsen, je nach Abweichung von der idealen Länge.

Durch die besondere Konstruktion der B-Achse können keine singulären Stellen bei der Rückwärtstransformation der Orientierungsachsen auftreten, jedoch können auch nicht alle beliebigen Werkzeugorientierungen eingestellt werden (s.u.).

Die Nullstellungen der Maschinenachsen XM, YM, ZM werden so gewählt, dass sich die gedachten Verlängerungen von AM und BM schneiden. Die Nullstellung von BM wird so gewählt, dass bei  $BM=0$  das Werkzeug senkrecht und damit parallel zu Z0 steht (Die Abbildung „Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine mit Schrägwinkelkopf“ zeigt die Nullstellung von BM). Die Nullstellung von AM wird sinnvollerweise so festgelegt, dass die Y0, Z0 -Werkstückachsen parallel zu den Maschinenachsrichtungen verlaufen.

HDZ repräsentiert die ideale Werkzeuglänge als Geometrieparameter der Maschinenkinematik; HD1 repräsentiert den ersten Werkzeugkopfparameter, L die tatsächliche Werkzeuglänge (Fräserlänge).

Es ist zu beachten, dass L vorzeichenbehaftet ist, also auch negativ sein kann.

**Versatzdaten der Kinematik**

<b>HD-Versatz</b>	<b>param[i]</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Einheit</b>
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	Ideale Werkzeuglänge	1.0 E-4 mm
HD3	2	Winkel zwischen B-Achse und Z-Achse (Schrägwinkel)	1.0 E-4°

## 2.12 KIN\_TYP\_12 – Tripod-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die als Tripod bezeichnete Stabkinematik besteht aus 3 nicht kartesisch angeordneten translatorischen Achsen. Jeweils 2 zueinander parallele Stäbe tragen die Werkzeugträgerplattform. Die Werkzeugorientierung ist konstant.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z (Z1, Z2, Z3)	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z	-

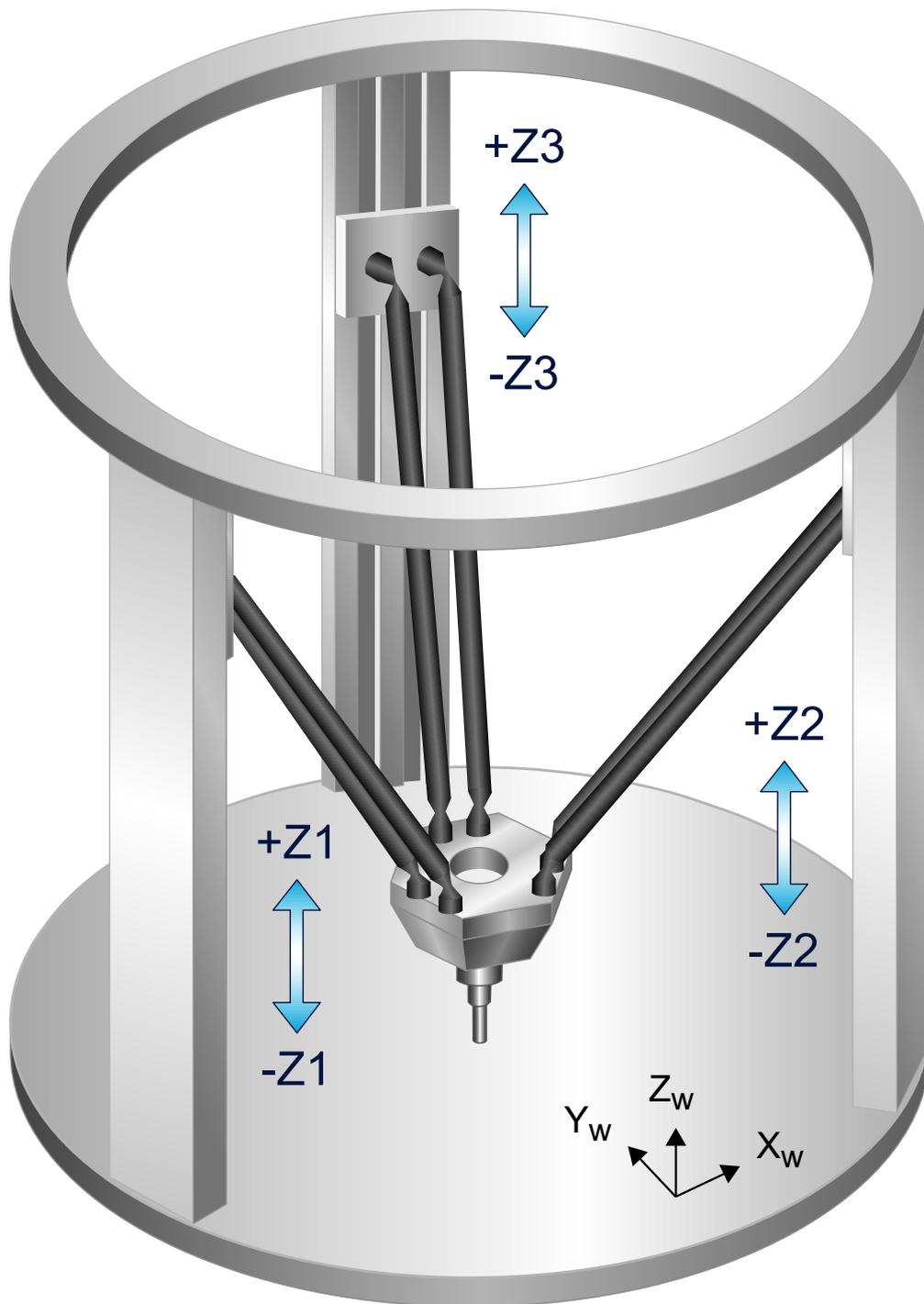


Abb. 29: Tripod Kinematik

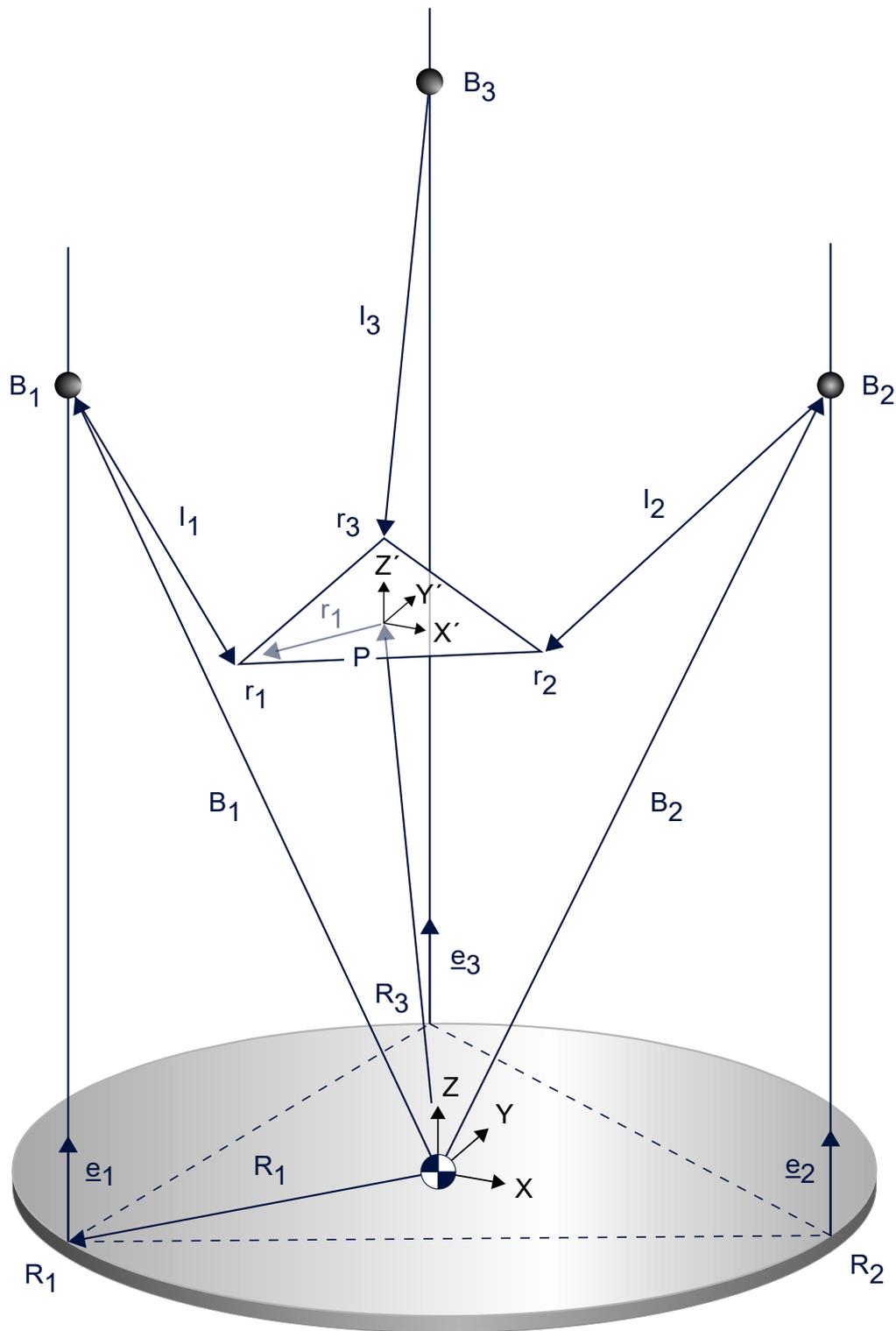
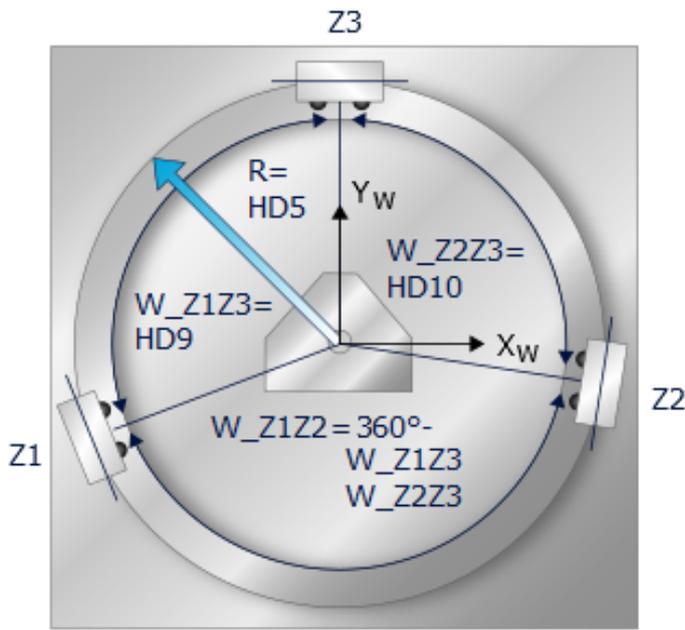


Abb. 30: Vektordarstellung der Stabkinematik

Träger Maschinenachsen



Trägerplattform  
Werkzeug

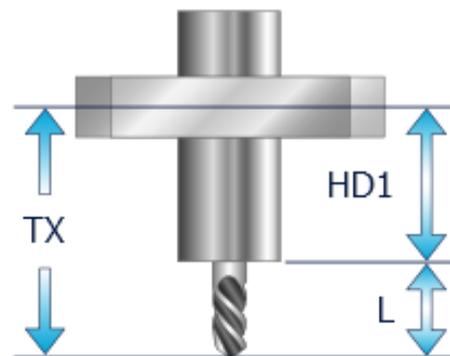
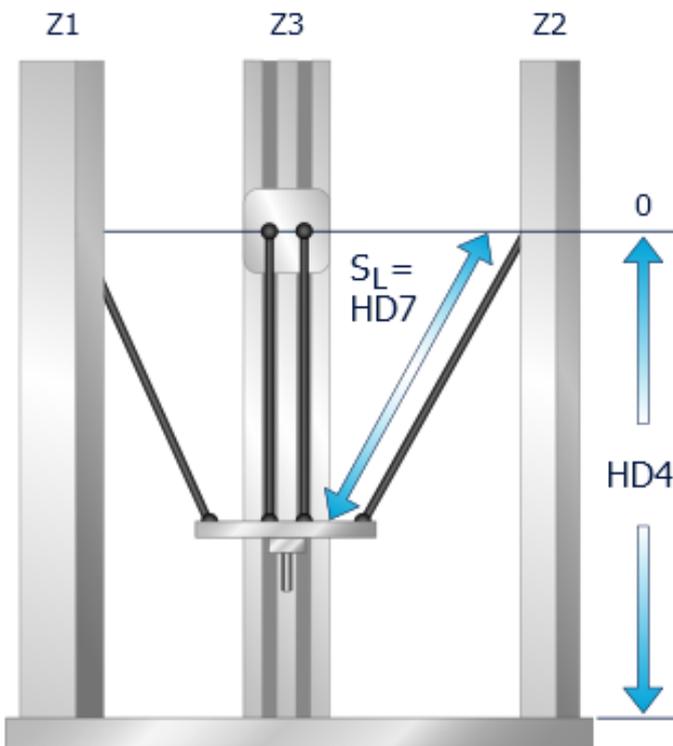
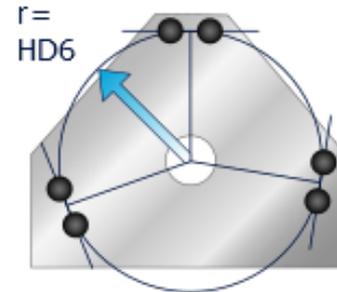


Abb. 31: Versatzmaße der Stabkinematik

Mit dem Parameter HD8 lässt sich zwischen einem idealen (0) und nichtidealen (1) Tripod umschalten. Ein idealer Tripod hat zwischen allen Säulen einen Winkel von 120°. Der nichtideale Tripod muss durch die Winkel HD9 und HD10 definiert werden.

Der dritte Winkel zwischen den Säulen ergibt sich aus:

$$W_{Z1Z2} = 360^\circ - HD9 - HD10 = 360^\circ - W_{Z2Z3} - W_{Z1Z3}$$

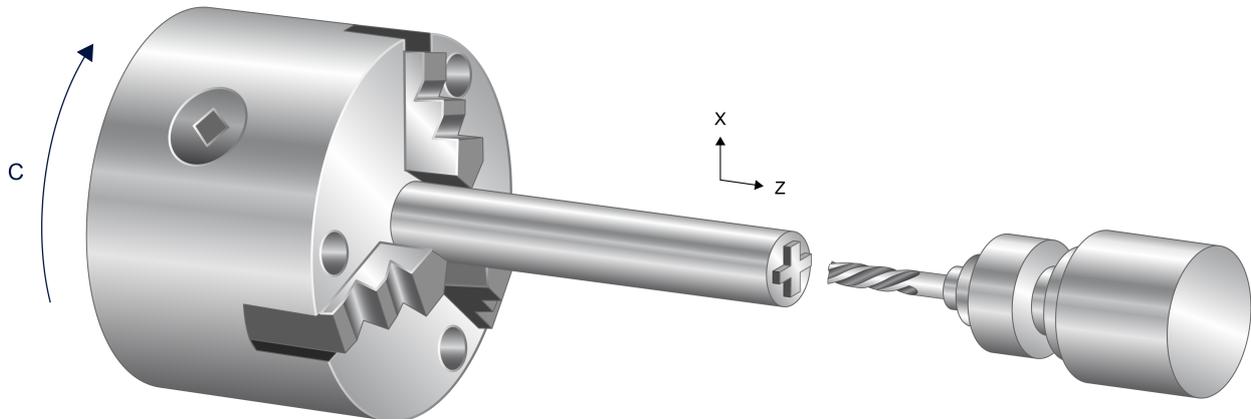
**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
------------	----------	--------------	---------

HD1	0	Z-Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Achsversatz Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD5	4	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte auf den Antriebssäulen (großer Kreis)	1.0 E-4 mm
HD6	5	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte auf der Trägerplattform (kleiner Kreis)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Stablänge jeweils bis Gelenkmittelpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Schalter zum Umschalten auf nichtidealen Tripod 0 : idealer Tripod 1 : nichtidealer Tripod und freischalten von HD9 / HD 10	[ - ]
HD9	8	Winkel von Säule/ Gelenk 3 zu Säule / Gelenk 1	1.0 E-4°
HD10	9	Winkel von Säule/ Gelenk 3 zu Säule/ Gelenk 2	1.0 E-4°

## 2.13 KIN\_TYP\_13/14 - Stirnflächentransformation

Bei Bearbeitung der Stirnfläche (#FACE) mit den Kinematik IDs 13 oder 14 wird von idealer Maschinenstruktur ausgegangen.



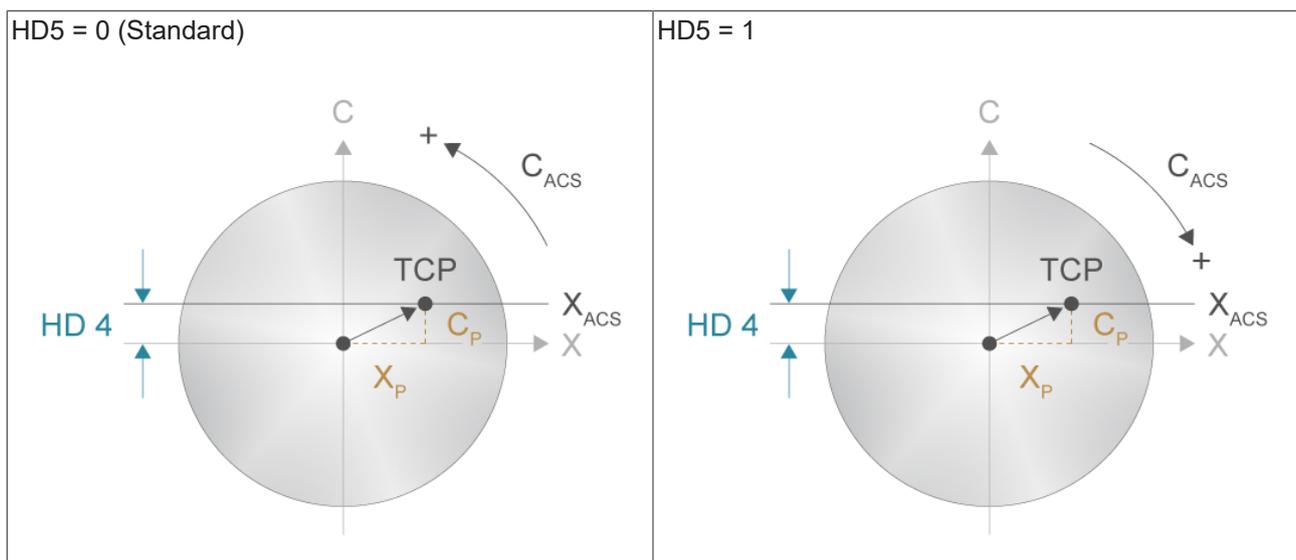
### Mechanische Offsetkorrekturen in Y-Richtung

Die Wirkung der mechanischen Offsetkorrekturen sind abhängig von der Maschinen-ID bei C-Achs-Stirnflächenbearbeitung (P-CHAN-00008).

#### Eigenschaften des Y-Versatzes:

- Bei Stirnflächentransformation 2, also P-CHAN-00008=2 und somit Kinematik ID 14 ist ein Durchfahren durch die Drehmitte nicht möglich.
- Der Y-Versatz führt hier zur Vergrößerung des kritischen Bereichs um das Drehzentrum herum. Bei der idealen Kinematik ist dies hingegen nur ein Punkt.
- Der Y-Versatzes führt zu einem kritischen Bereich (Kreis in Drehmitte) der nicht angefahren werden kann.
- Die Dynamik in der Nähe des kritischen Bereichs ist aufgrund des Y-Versatzes unsymmetrisch.

Die Drehrichtung kann über den HD-Parameter HD5 eingestellt werden.



#### Versatzdaten der Kinematiken

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Spannpunkt des Werkzeugs	1.0 E-4 mm
HD2	1	Nicht belegt	

HD3	2	Nicht belegt	
HD4	3	Y-Versatz	1.0 E-4 mm
HD5	4	Drehrichtung	[-]

### Änderung der Drehrichtung in Stirnflächenbearbeitung

```
%L sub_face_mach
N10 #FACE[X, C]
N20 X1 C0
N30 $FOR P1=1, 2, 1
N40 P2 = P1*0.1
N50 G01 XP2 F2000
N[60+P1] G02 I-P2
N70 $ENDFOR
N80 #FACE OFF
M29

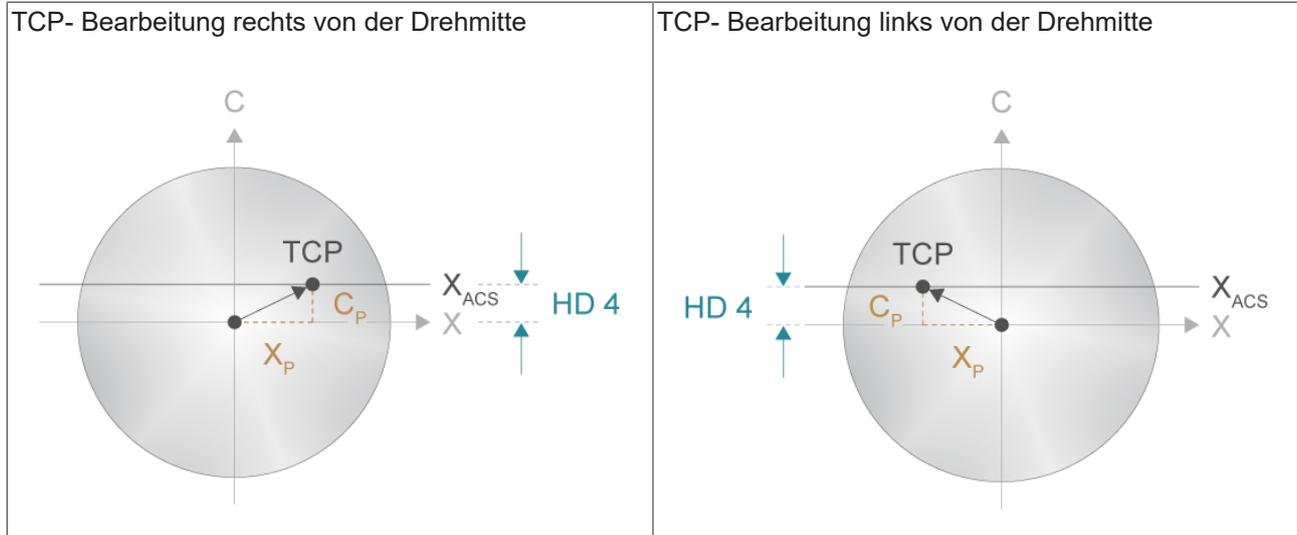
%main
V.G.KIN[13].PARAM[0]=1000000
V.G.KIN[13].PARAM[1]=0
V.G.KIN[13].PARAM[2]=0
V.G.KIN[13].PARAM[3]=P10*10000
V.G.KIN[13].PARAM[4]=1

N100 #SET AX[X,1,0][Y,2,1][Z,3,2][C,5,3]
N200 G00 X10 Y0 Z100 C0
N300 V.G.KIN[13].PARAM[4] = 0.0
N400 LL SUB_FACE_MACH
N500 V.G.KIN[13].PARAM[4] = 1.0 (Drehrichtung umschalten)
N600 LL SUB_FACE_MACH
N700 V.G.KIN[13].PARAM[4] = 0.0
N800 LL SUB_FACE_MACH
M30
```

### TCP-Position links der Drehmitte

Die  $X_{TCP}$  Position und damit auch die  $X_{ACS}$  Position liegen ohne Offsets auf der rechten Seite vom Drehpunkt der Werkstückdrehachse (bei face\_id 1 und face\_id 2). Die Bearbeitung erfolgt auf der rechten Seite.

Bei Verwendung von P-CHAN-00008=2 (face\_id 2) kann auch der TCP auf der linken Seite bearbeiten. Der Wechsel von links nach rechts kann bei inaktiver Kinematik erfolgen. Die X-Achse muss vor Anwahl der Kinematik auf die negative Position, links von der Drehmitte, positioniert werden.



## 2.14 KIN\_TYP\_16 – Fünffachs-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, A	-

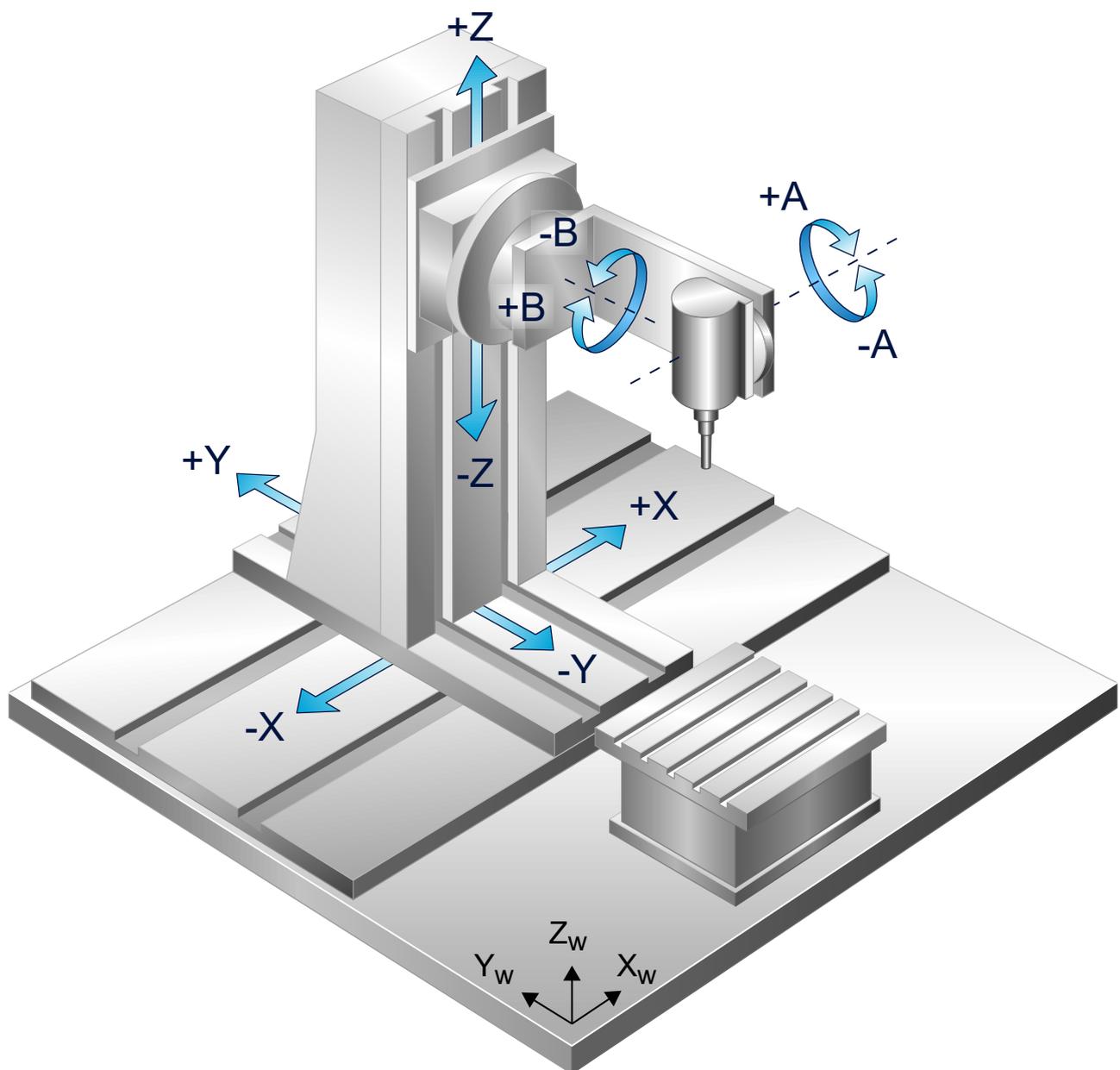


Abb. 32: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

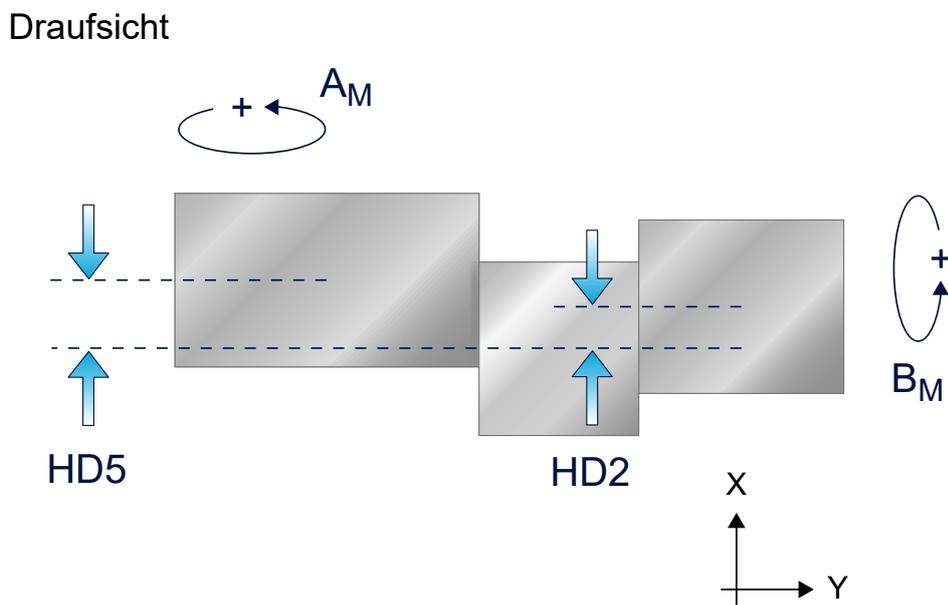
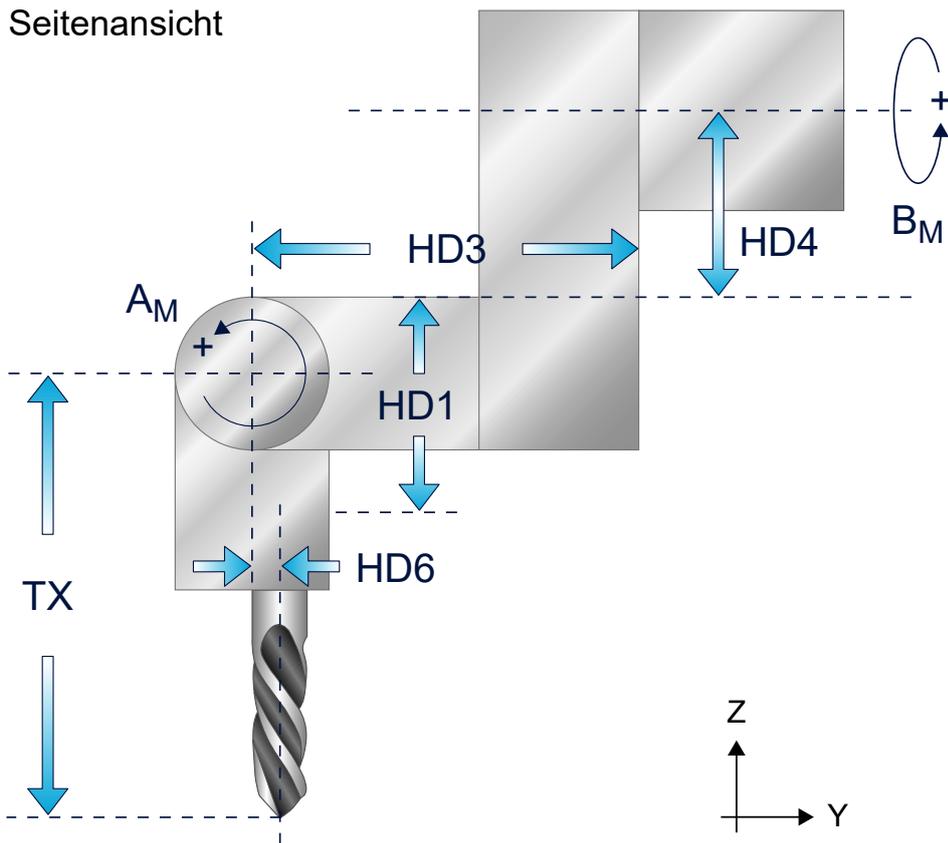


Abb. 33: Parameter des Dreh-Schwenkkopfes

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz von A-Achse bis Werkzeugeinspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz vom Drehachse B zu Schlittenbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz von Drehachse A zu Schlittenbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Versatz von Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD5	4	X-Versatz	1.0 E-4 mm

HD6	5	Y-Achsversatz von Drehachse A bis Werkzeug	1.0 E-4 mm
HD7	6	Rotatorischer Versatz A-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	Rotatorischer Versatz B-Achse	1.0 E-4°
HD9	8	Vorzeichen Drehrichtung A-Achse	[ - ]
HD10	9	Vorzeichen Drehrichtung B-Achse	[ - ]

## 2.15 KIN\_TYP\_17 – Fünffachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen. Weiterhin stehen 2 manuell einstellbare rotatorische Achsen zur Verfügung. Diese Achsen sind vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	-
Hilfsachsen	C, A	-

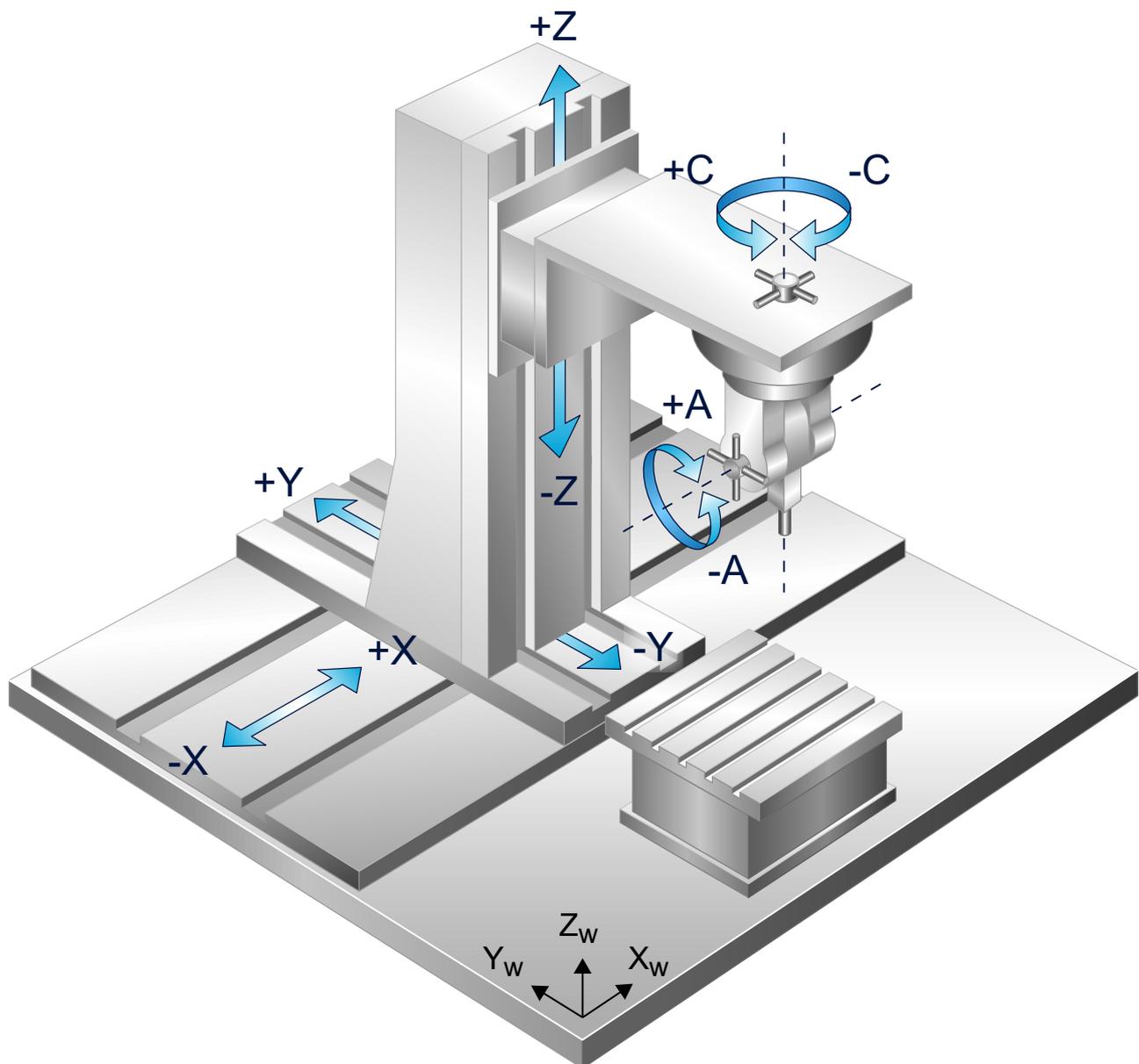


Abb. 34: 5-achsige Kinematik (Bohr- und Fräs Werkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A )

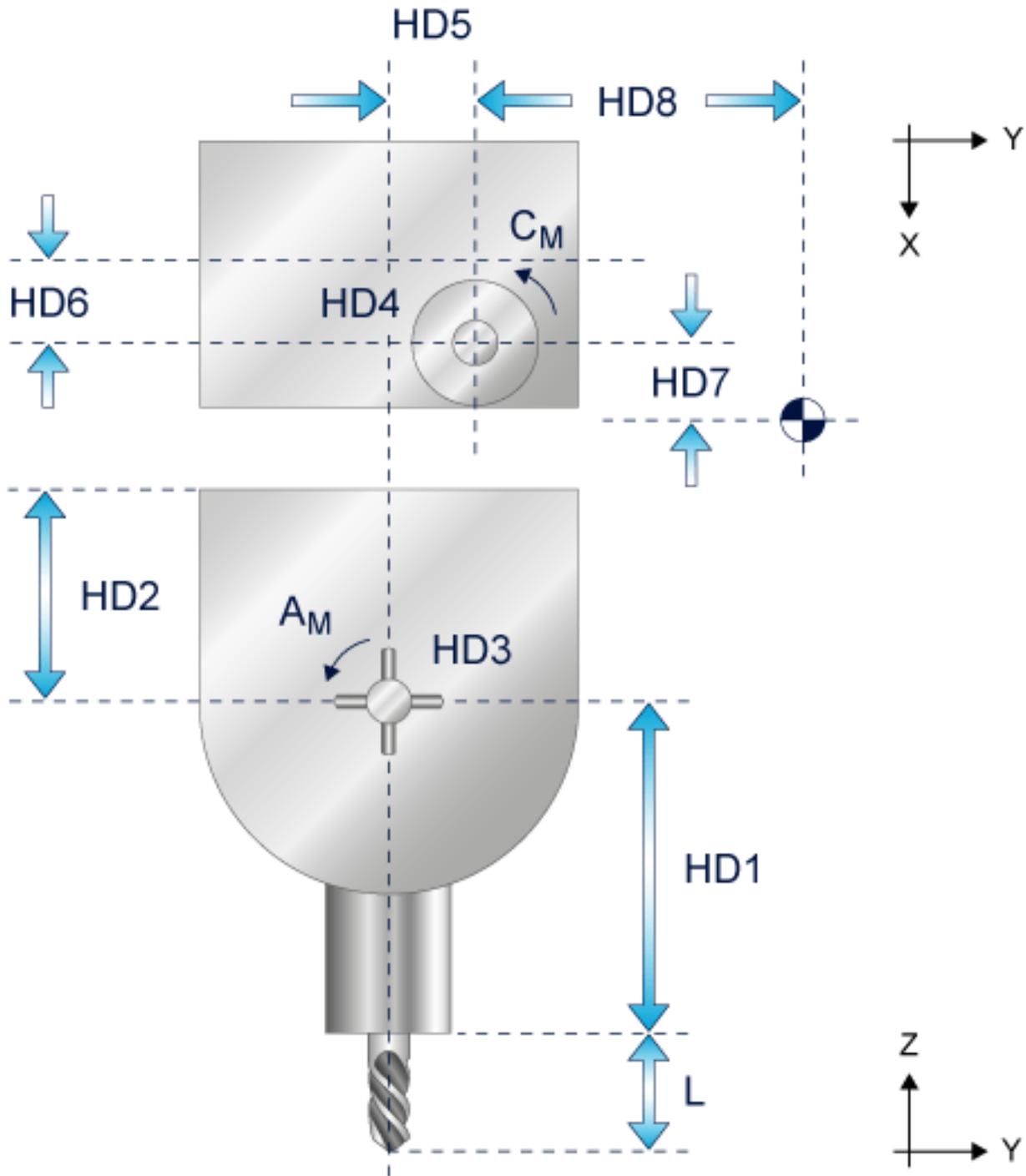


Abb. 35: Bohr-/ Fräswerkzeug (Ruhestellung mit HD3 = 0, HD4 = 0)

Die Achsen sind im Sinne eines Rechtssystems angeordnet. Die Nullstellung der A-Achse liegt in negativer Richtung der Z-Achse. Bei dem 2-achsigen Werkzeugkopf mit manuell einstellbarer C-Achse und A-Achse ist keine automatische Orientierungseinstellung möglich.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm

HD3	2	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer C -Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Werkzeugkopfbezugspunkt bis Drehpunkt C-Achse (Kröpfung)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	Statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm

## 2.16 KIN\_TYP\_18 – Fünfachs-Kinematik mit 2 manuellen Hilfsachsen (Sägen)

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen. Weiterhin stehen 2 manuell einstellbare rotatorische Achsen zur Verfügung. Diese Achsen sind vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	-
Hilfsachsen	C, A	-

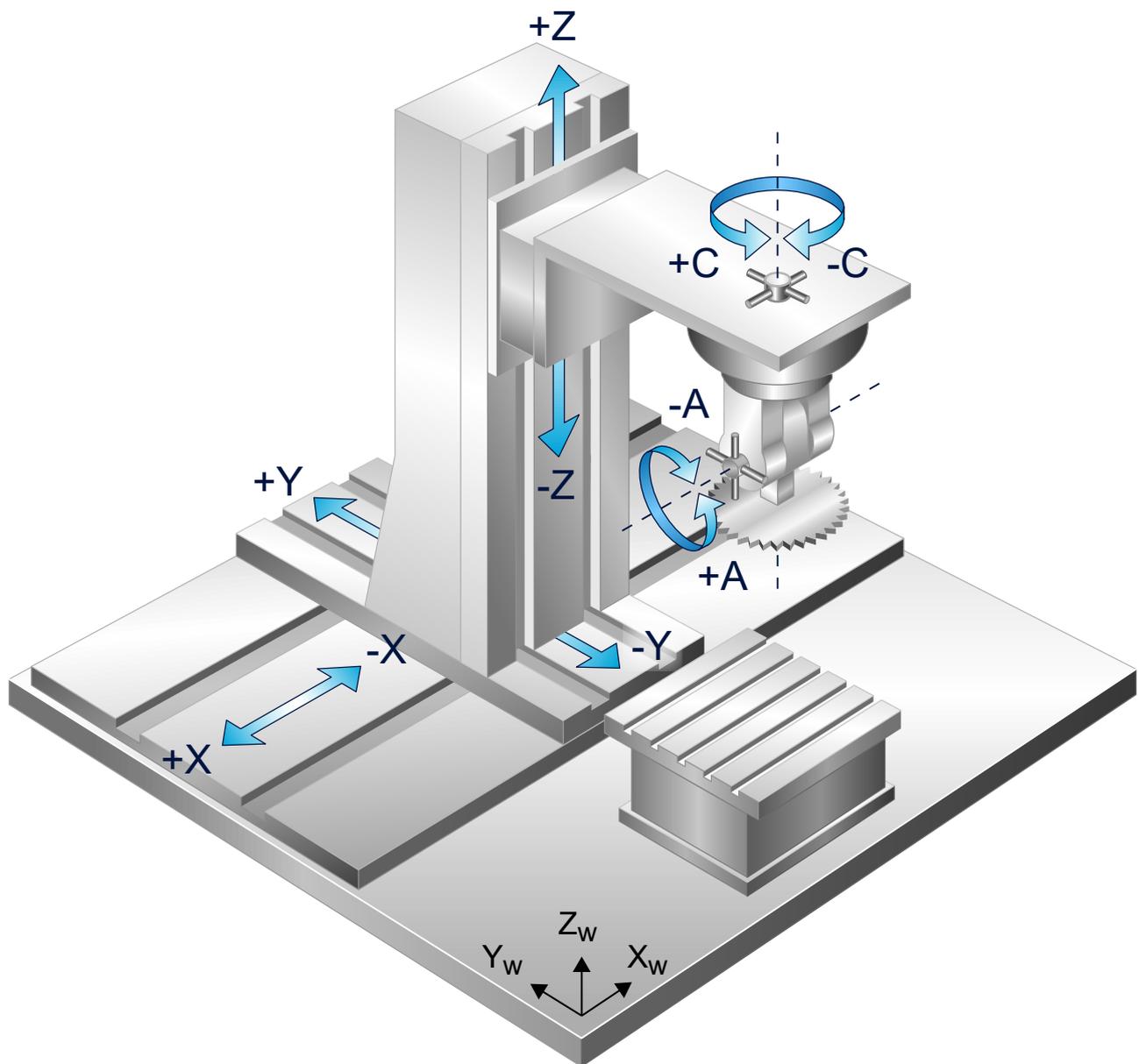


Abb. 36: 5-achsige Kinematik (Sägewerkzeug mit manuellen Hilfsachsen C und A)

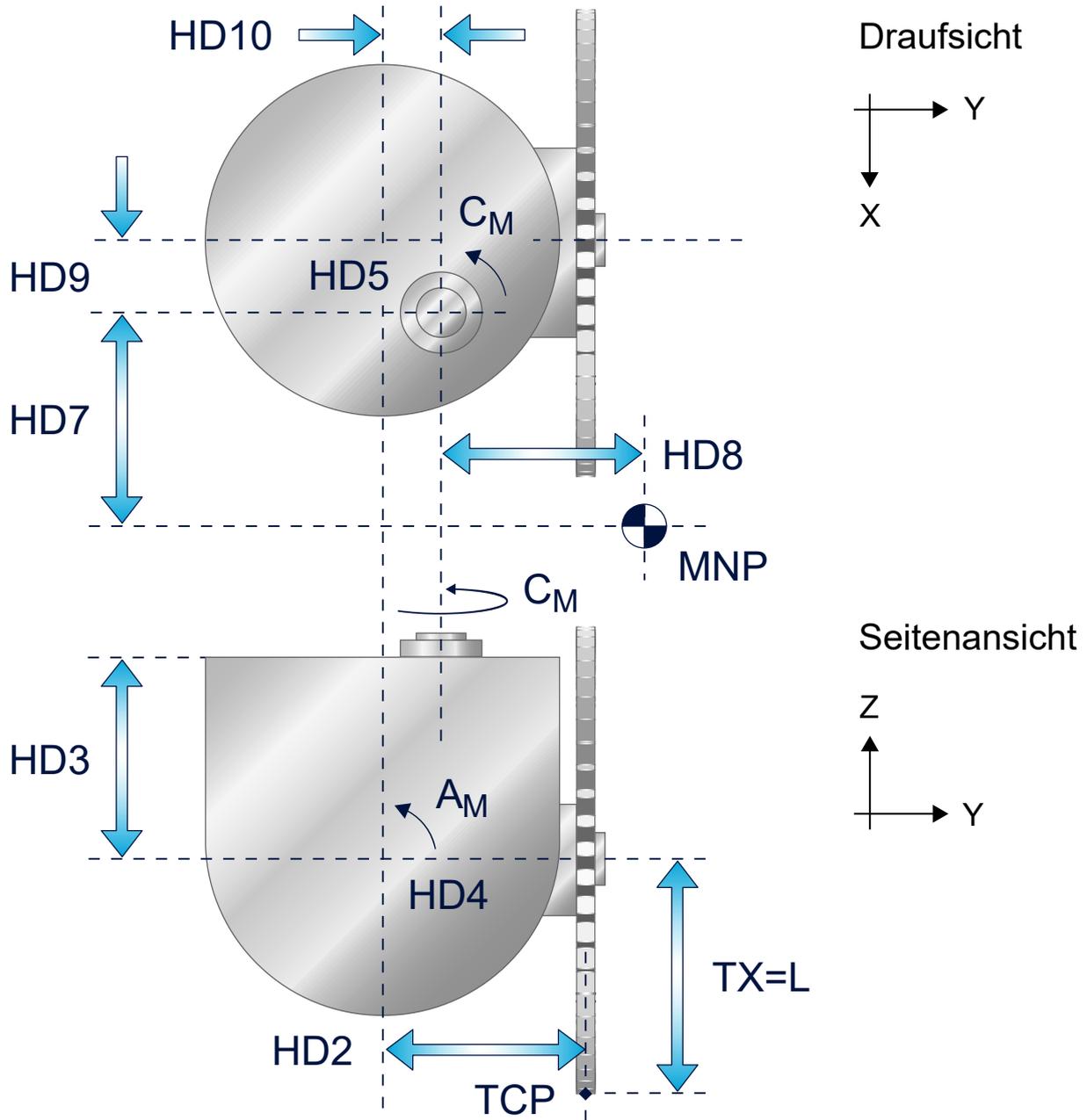


Abb. 37: Sägewerkzeug (Ruhestellung mit HD5 = 0, HD4 = +90)

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4°
HD5	4	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.17 KIN\_TYP\_19 – Tripod Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Stabkinematik besteht aus 3 nicht kartesisch angeordneten translatorischen Achsen und 2 kartesischen Achsen. 3 Stäbe mit Kugelgelenken tragen die Werkstückplattform. Dadurch können die Z-Höhe und die Orientierung des Werkstücks beeinflusst werden.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, U, V, W ( X, Y, Z1, Z2, Z3, W)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y	Z1, Z2, Z3

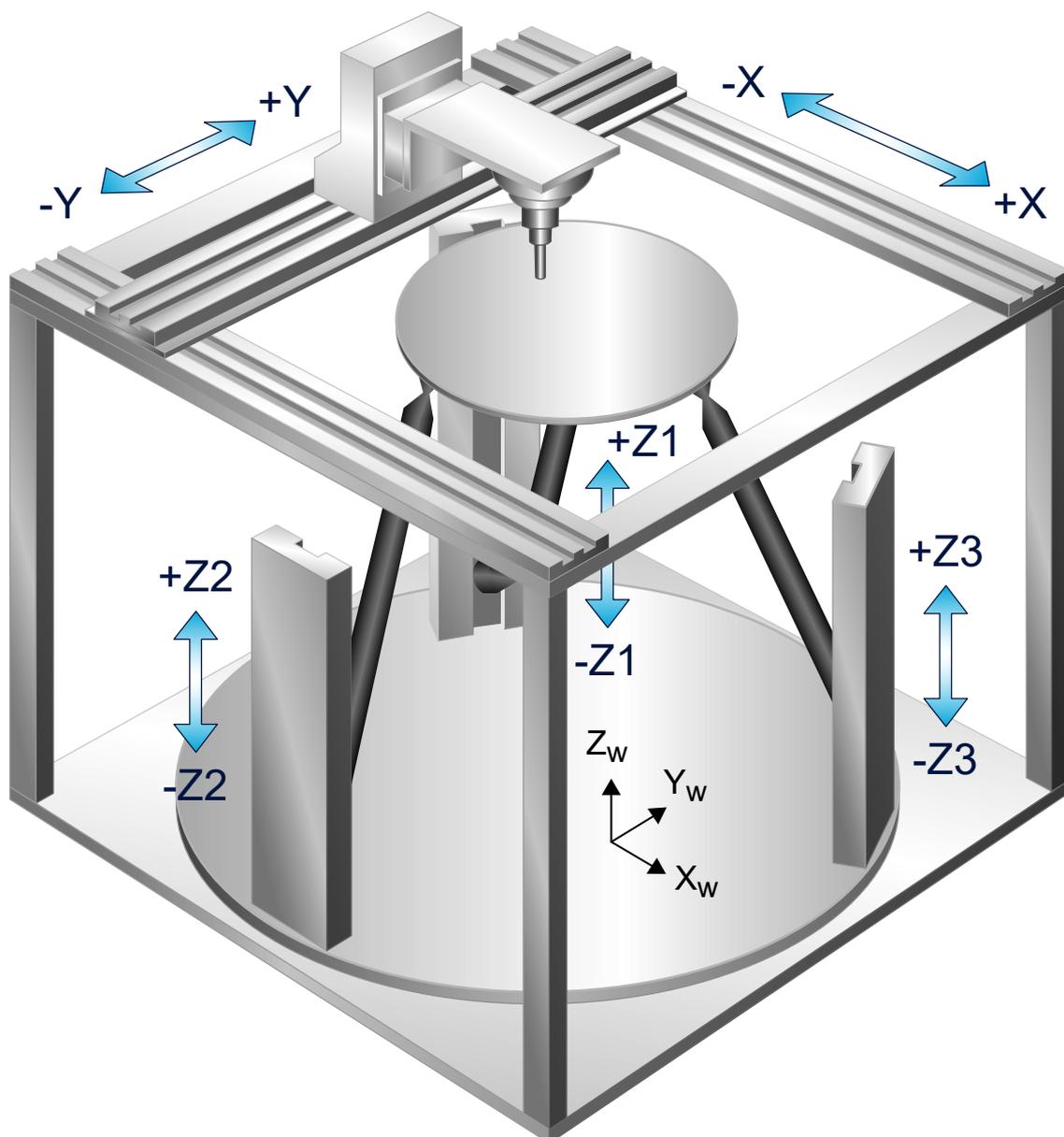
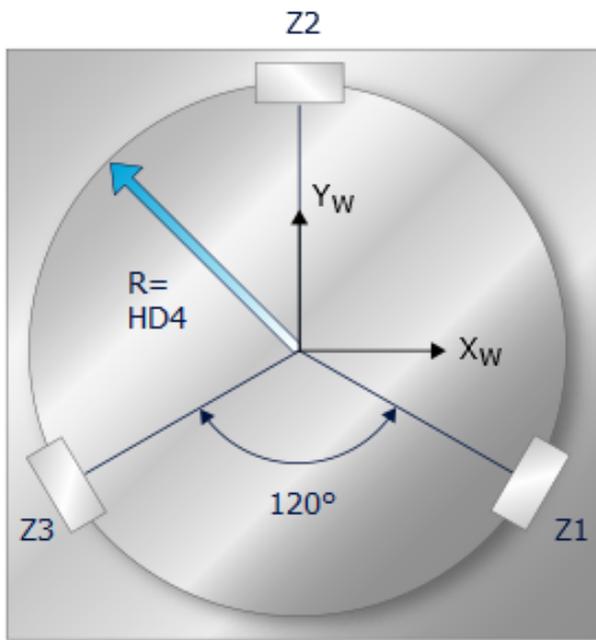


Abb. 38: Tripod Kinematik

Träger Maschinenachsen



Trägerplattform  
Werkstück

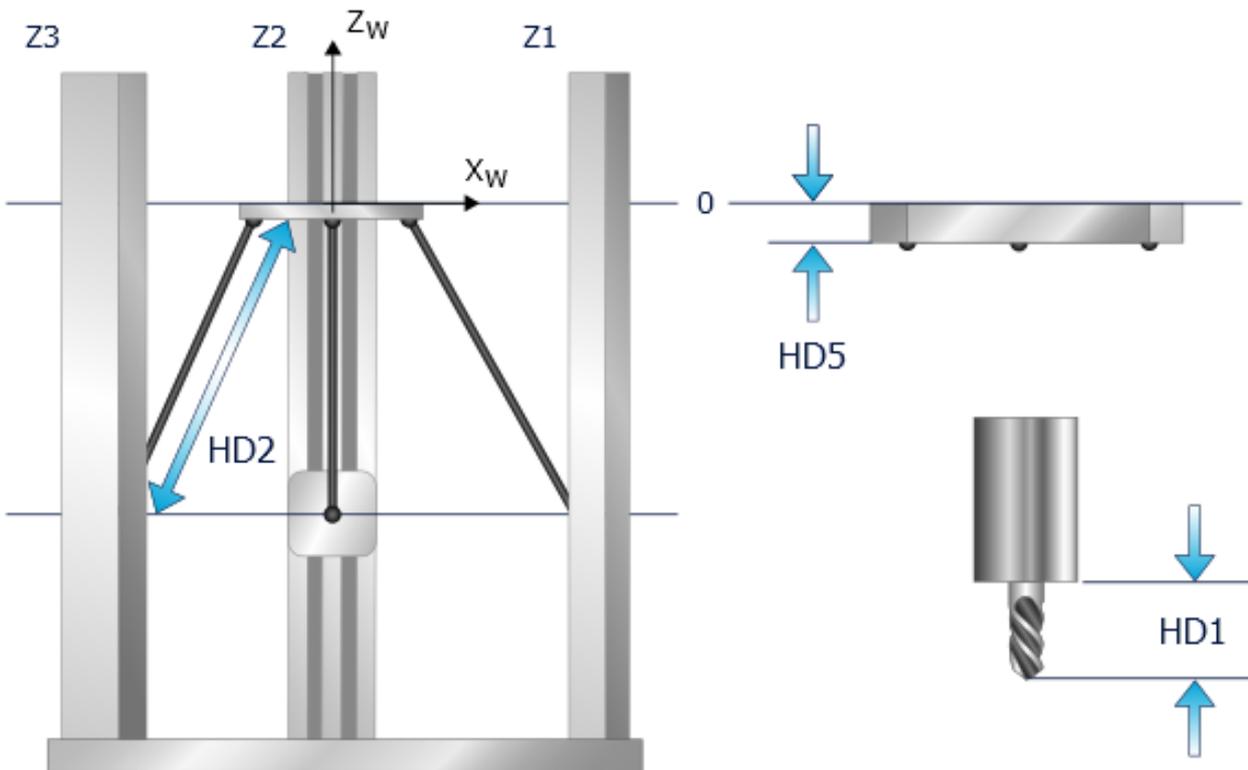
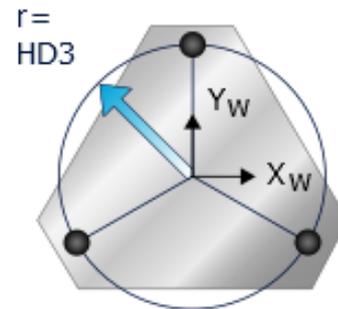


Abb. 39: Versätze der Kinematik

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeugversatz in Z	1.0 E-4 mm
HD2	1	Stablänge jeweils bis zu Gelenkmittelpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Trägerplattform (kleiner Kreis)	1.0 E-4 mm
HD4	3	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte Antriebssäulen (großer Kreis)	1.0 E-4 mm
HD5	4	Abstand Werkstückträgerplattform zu den Gelenkmittelpunkten auf der Trägerplattform	1.0 E-4 mm

## 2.18 KIN\_TYP\_21 – Lambda Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C (X1, X2, Z, C)	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C	-

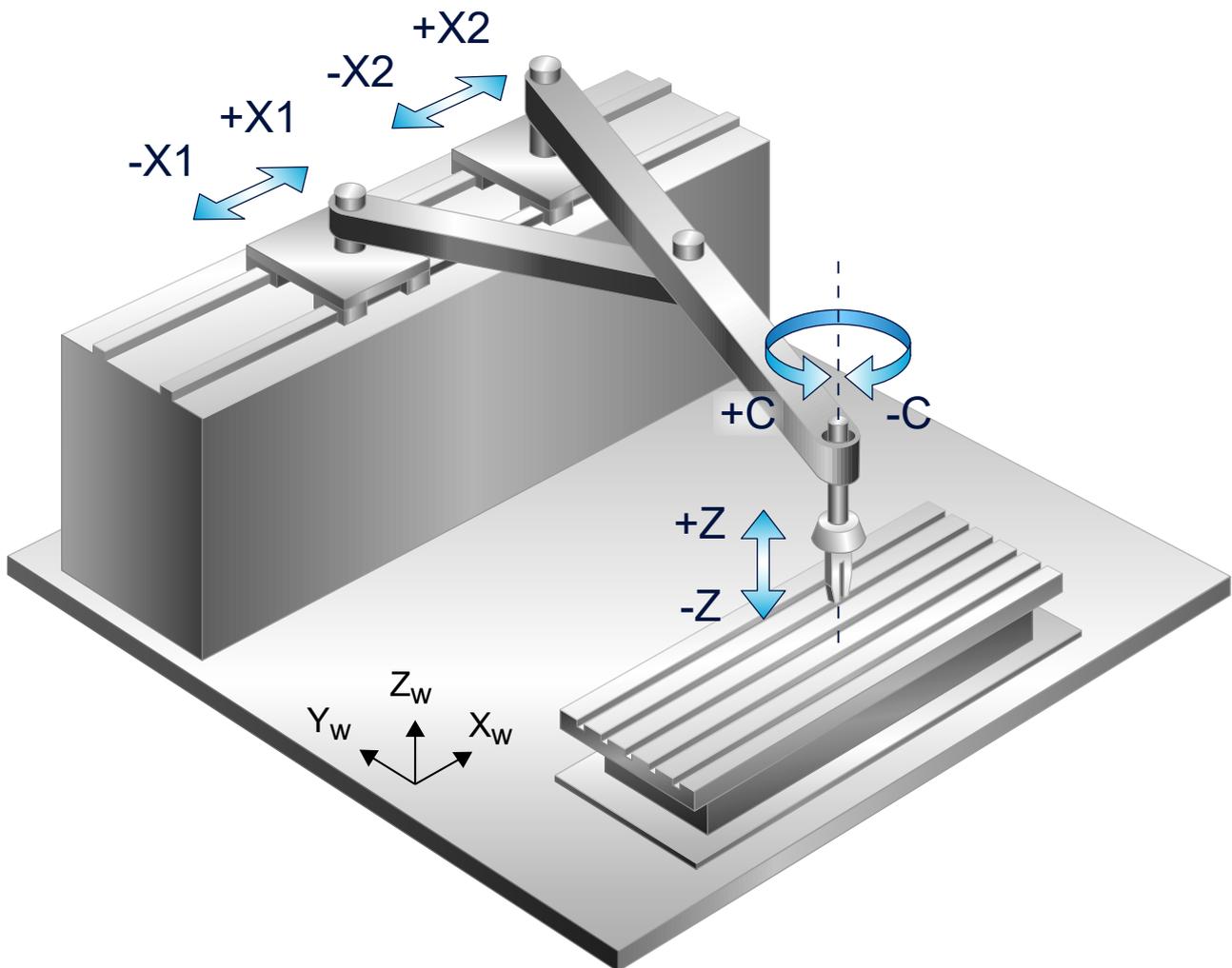


Abb. 40: Lambda Kinematik

Die ebene XY Kinematik ist als eine der Varianten der Scherenkinematik bekannt. Auf 2 Linearschlitten XM1 und XM2 befinden sich an den Drehgelenken C und B die Stäbe (Länge  $l_2$ ,  $l_1$ ) die am Punkt D ebenfalls drehbar miteinander verbunden sind.

Über den fixen Winkel  $\beta$  ist der Stab CA (Länge  $l_3$ ) an Stab CD befestigt. An der Spitze dieses Stabes befindet sich die C-Achse. Der eigentliche werkzeugtragende Stab (Länge  $l_4$ ) beginnt im Drehpunkt der C-Achse und endet im TCP.

Die C-Achse ist bezogen auf die kartesischen Achsen nicht mechanisch geführt d.h. sie muss abhängig von der Gelenkstellung kompensiert werden.

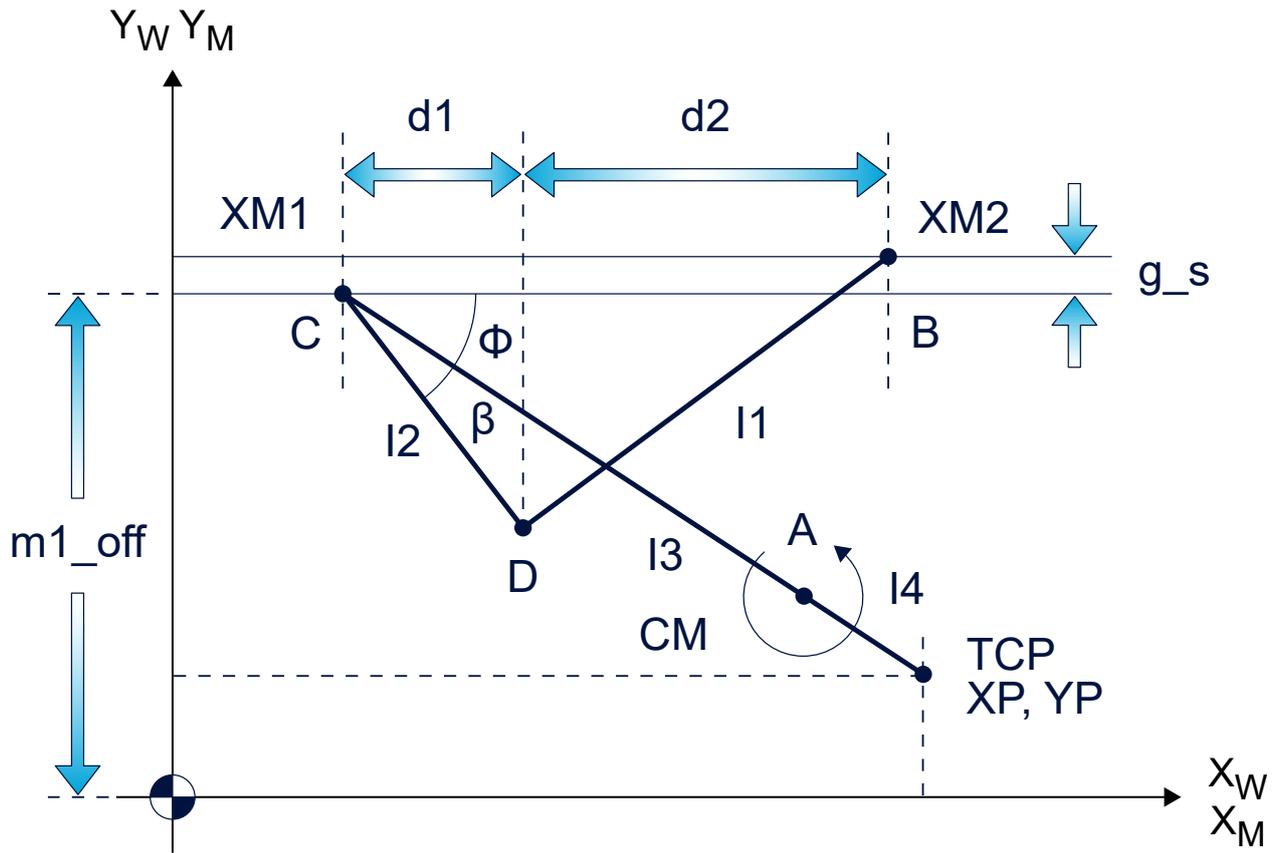


Abb. 41: Lambda Kinematik, Variante 1

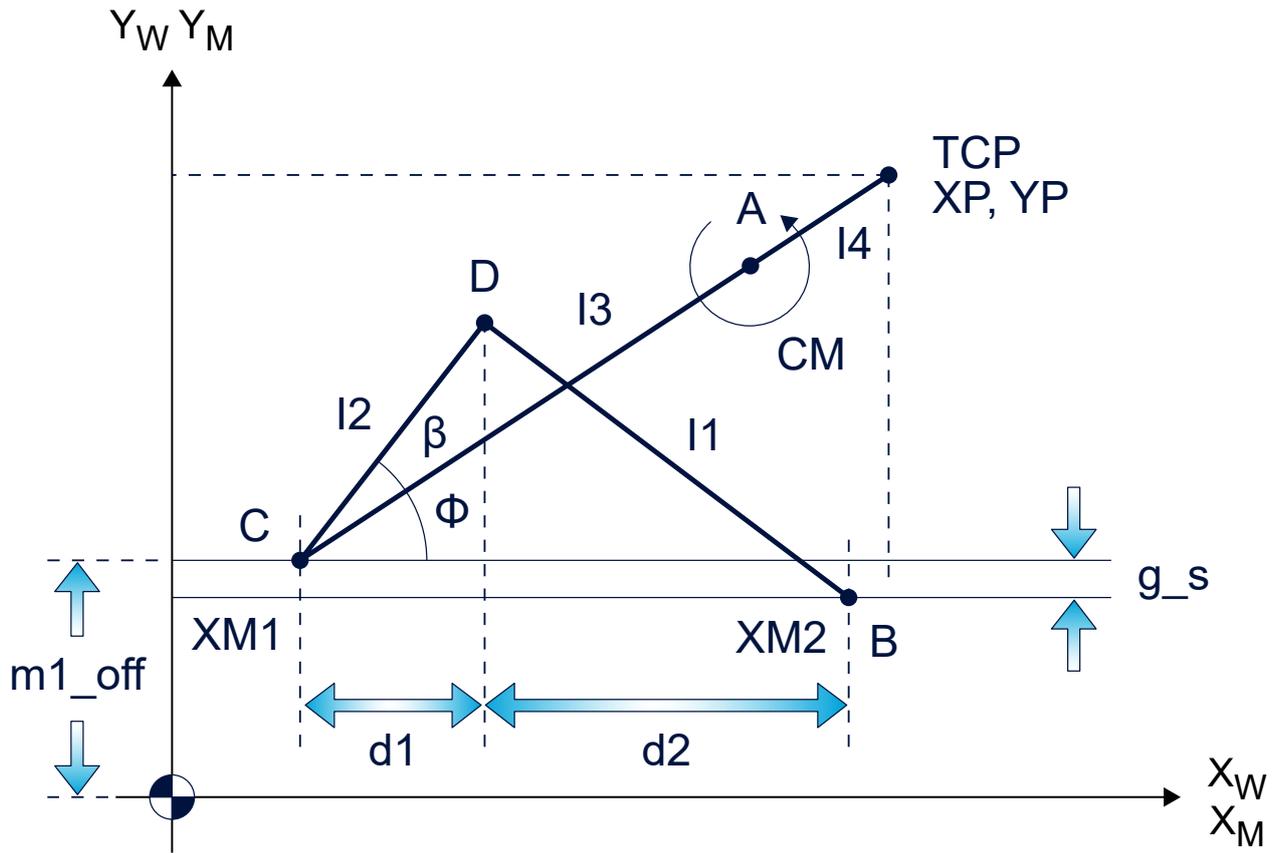


Abb. 42: Lambda Kinematik, Variante 2

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Offset bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	l1: Stablänge 1	1.0 E-4 mm
HD3	2	l2: Stablänge 2	1.0 E-4 mm
HD4	3	l3: Stablänge 3	1.0 E-4 mm
HD5	4	g_s : Versatz Gelenkpunkte C zu B	1.0 E-4 mm
HD6	5	$\beta$ = Fixer Winkel zwischen Stab CD und Stab CA	1.0 E-4°
HD7	6	m1_off: Y-Position von Antrieb 1, bezogen auf Y -Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	phi_min: Minimalwert für Winkel j (0°)	1.0 E-4°
HD9	8	phi_max: Maximalwert für Winkel j (90°)	1.0 E-4°
HD10	9	X-Offset	1.0 E-4 mm
HD11	10	L4= Greiferoffset	1.0 E-4 mm
HD12	11	Kinematikvariante	[ - ]

## 2.19 KIN\_TYP\_22 – Fünffachs-Kinematik mit X/Y-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 2 translatorischen NC-Achsen im Werkstück, 2 rotatorischen NC-Achsen und einer translatorischen Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, A, B	X, Y

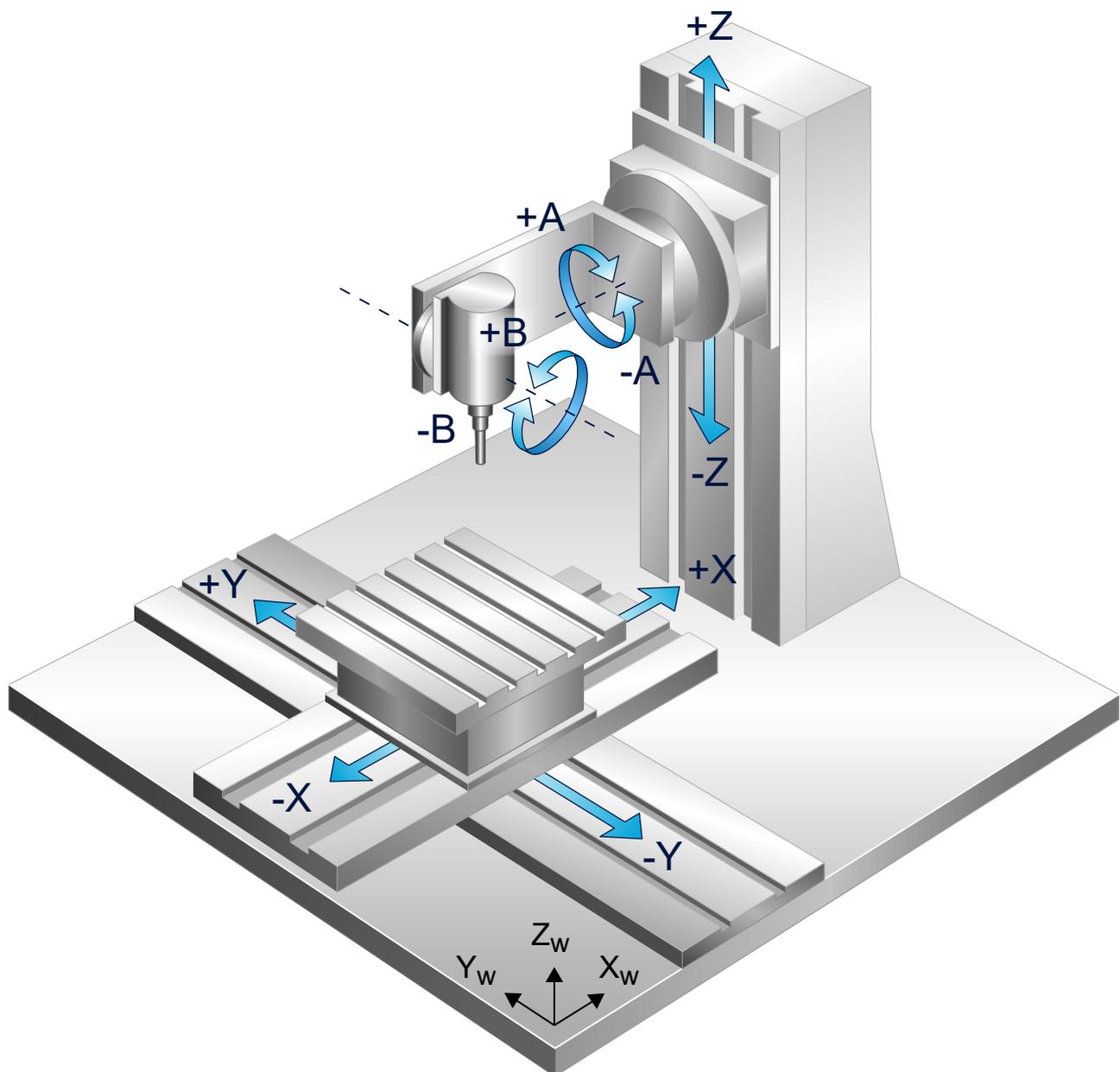


Abb. 43: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

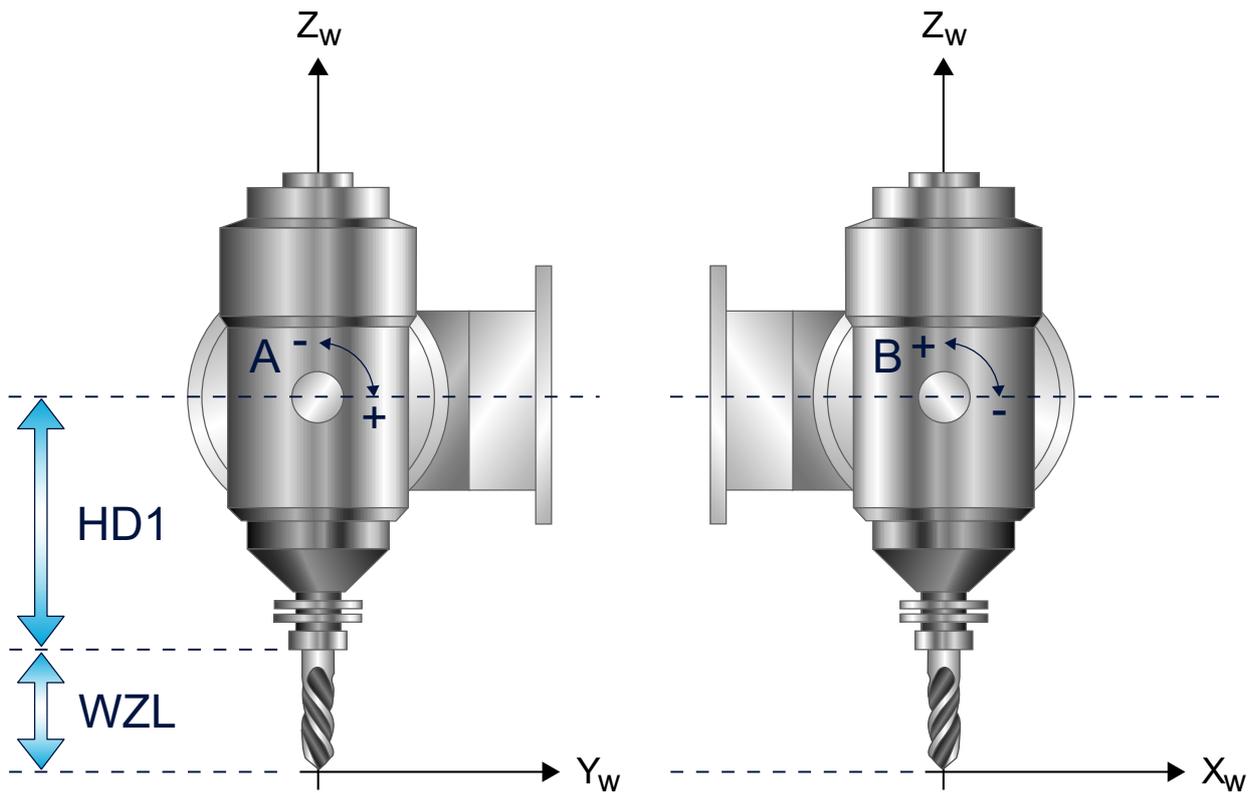


Abb. 44: Versätze der Kinematik.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A / B-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Bewegungsrichtung Drehachse A	[ - ]
HD5	4	Bewegungsrichtung Drehachse B	[ - ]

## 2.20 KIN\_TYP\_23 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 2 translatorischen NC-Achsen im Werkstück, einer translatorischen Achse im Werkzeug und je einer rotatorischen NC-Achse in Werkstück und Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, A	X, Y, B

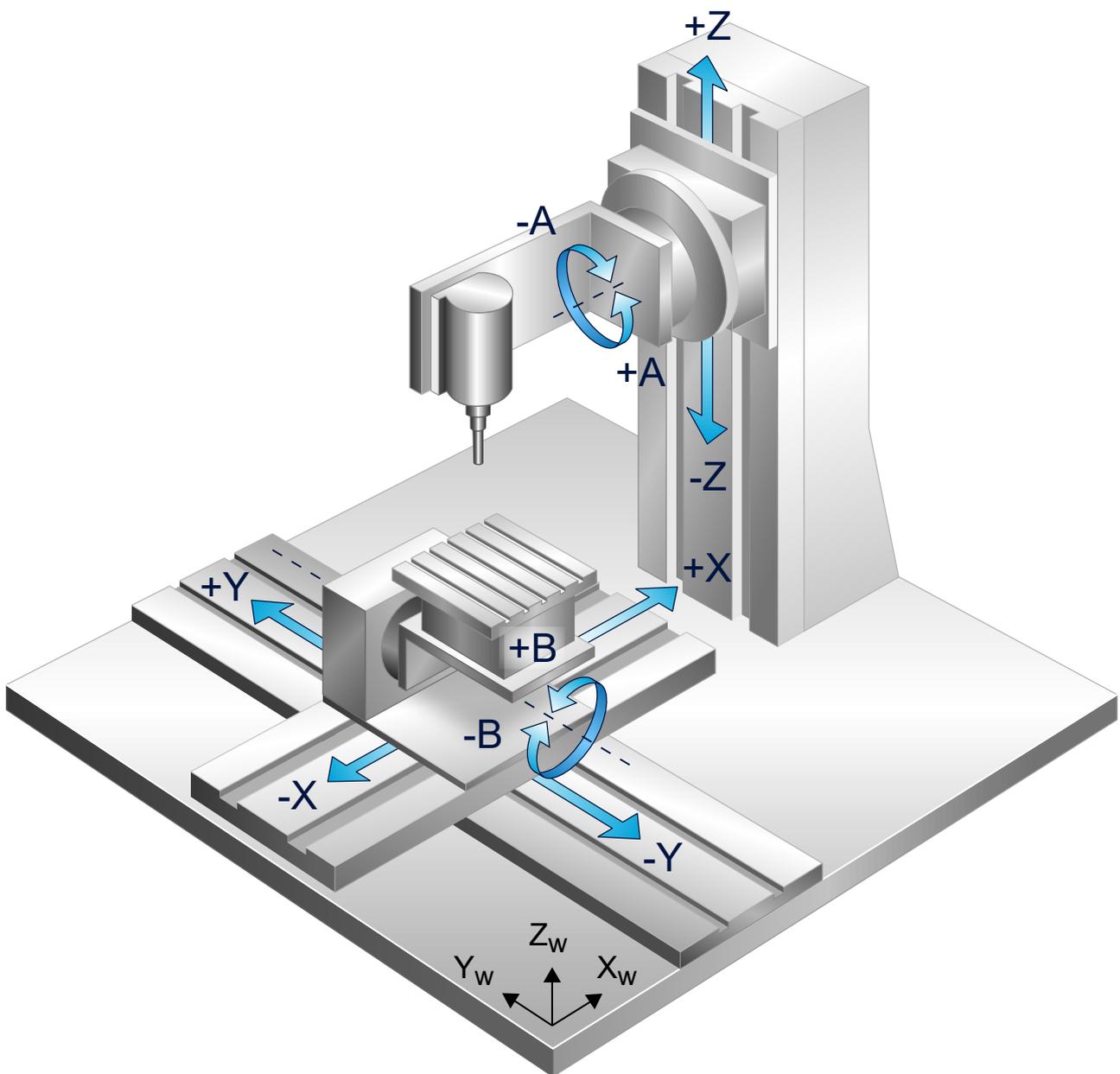


Abb. 45: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

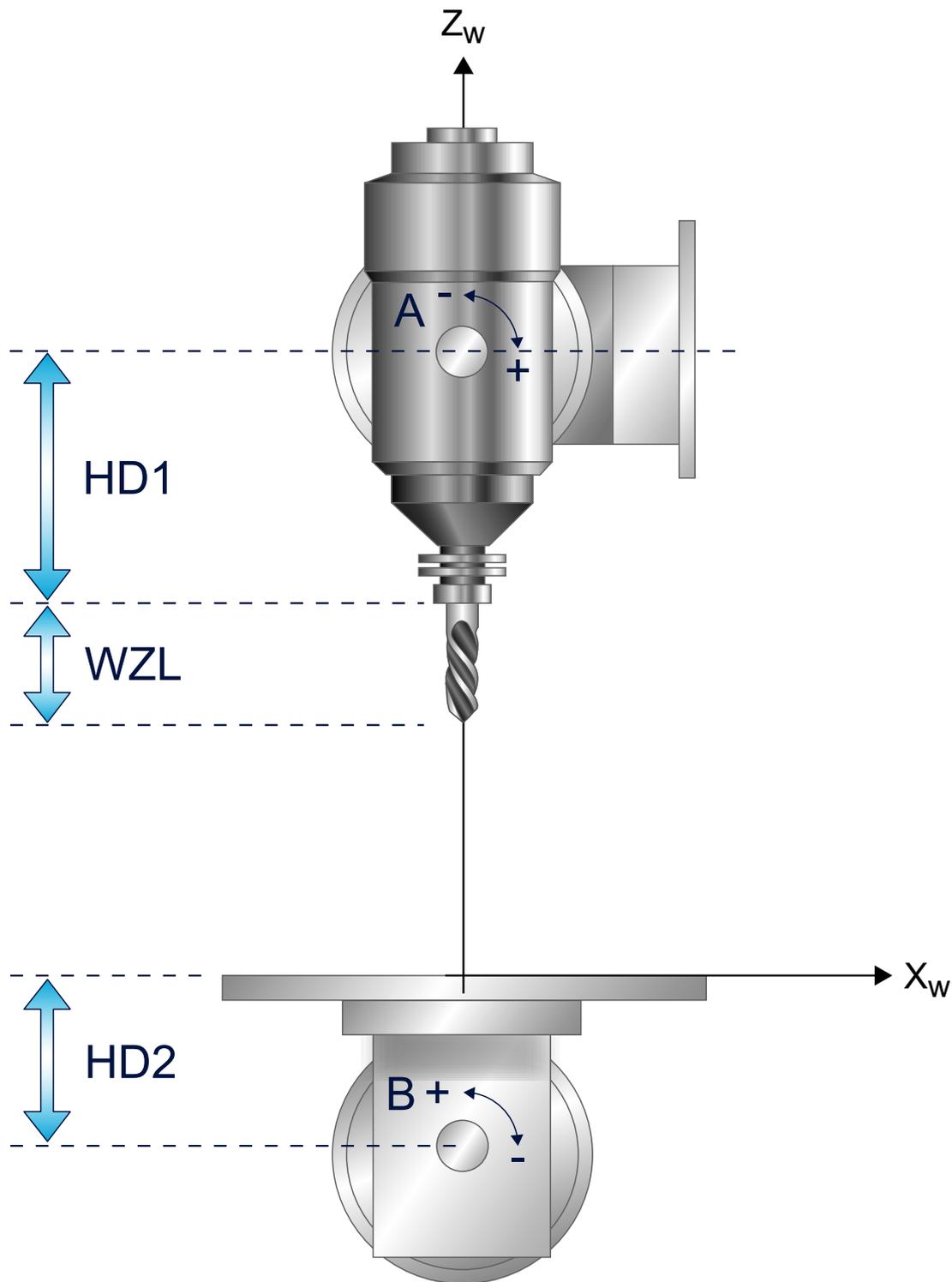


Abb. 46: Versätze der Kinematik.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	Abstand Drehpunkt B-Achse zu Werkstückplattform	1.0 E-4 mm
HD4	3	Bewegungsrichtung Drehachse A	[ - ]
HD5	4	Bewegungsrichtung Drehachse B	[ - ]

## 2.21 KIN\_TYP\_25 – Fünffachs-Kinematik mit Plasma-/Laserkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Als Besonderheit wird bei dieser Kinematik die wirksame Werkzeuglänge abhängig vom A-Winkel verändert.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

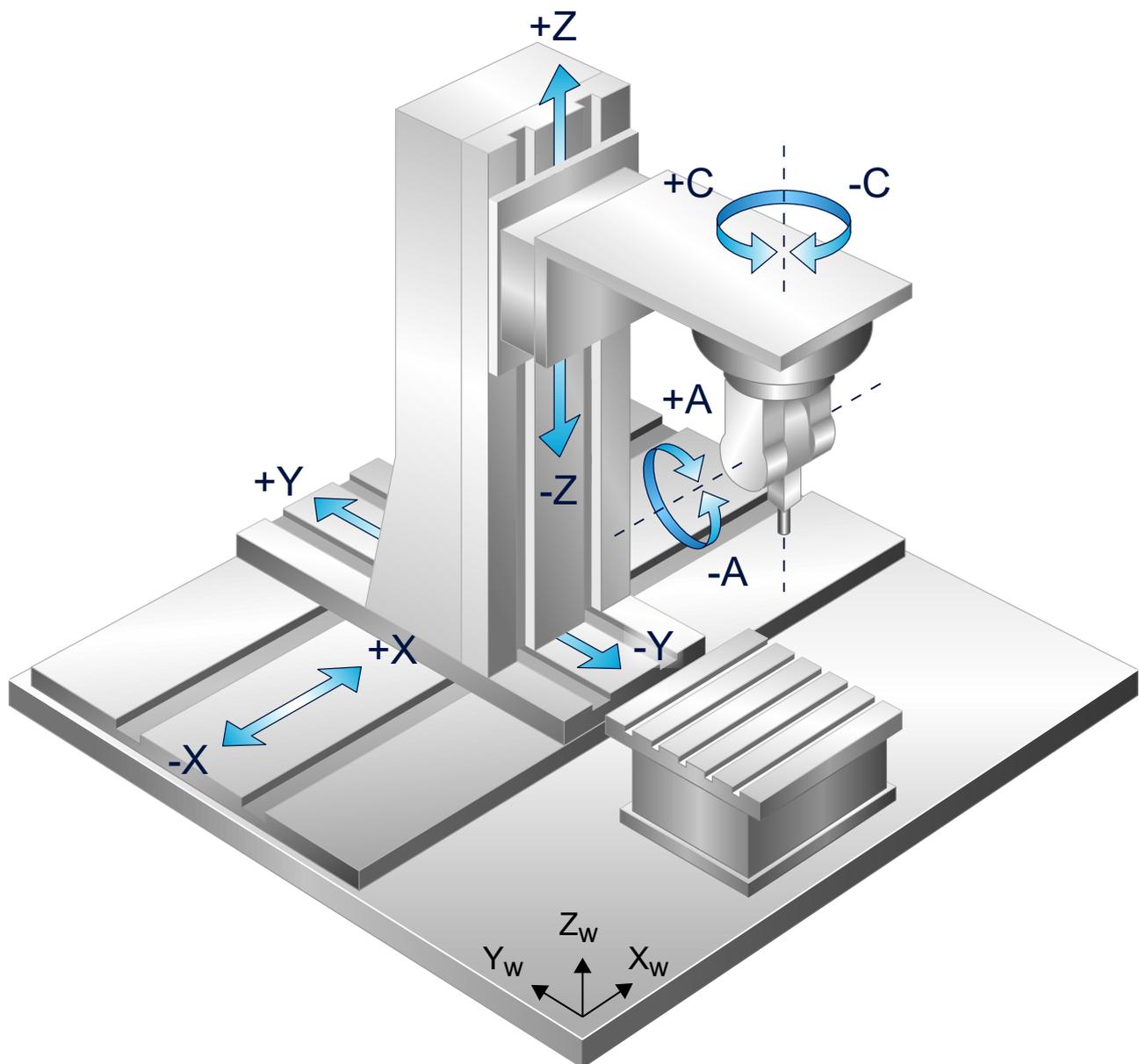


Abb. 47: 5-achsige Kinematik (Plasma/Laserkopf)

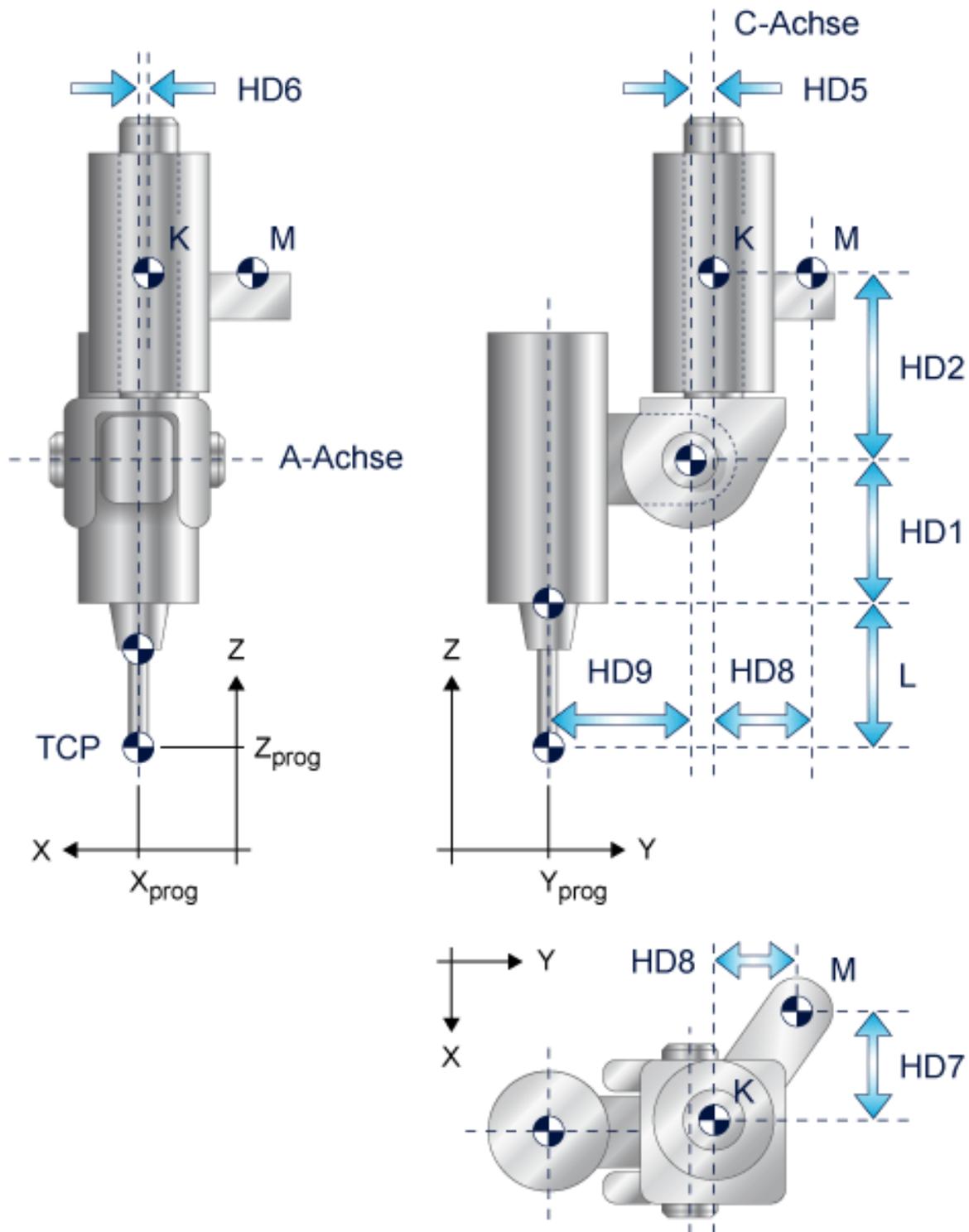


Abb. 48: 5-achsiger Plasma/Laserkopf (Ruhestellung mit HD3 = 0, AM=0, HD4=0, CM=0)

Die Punkte M und K in obiger Abbildung sind zwei Bezugspunkte.

(M)aschinenbezugspunkt und (K)inematikbezugspunkt

Es handelt sich bei dem ACS Versatz zwischen den Punkten M und K um einen statischen Versatz d.h. er ist unabhängig von der Winkelstellung der Drehachsen C, A.

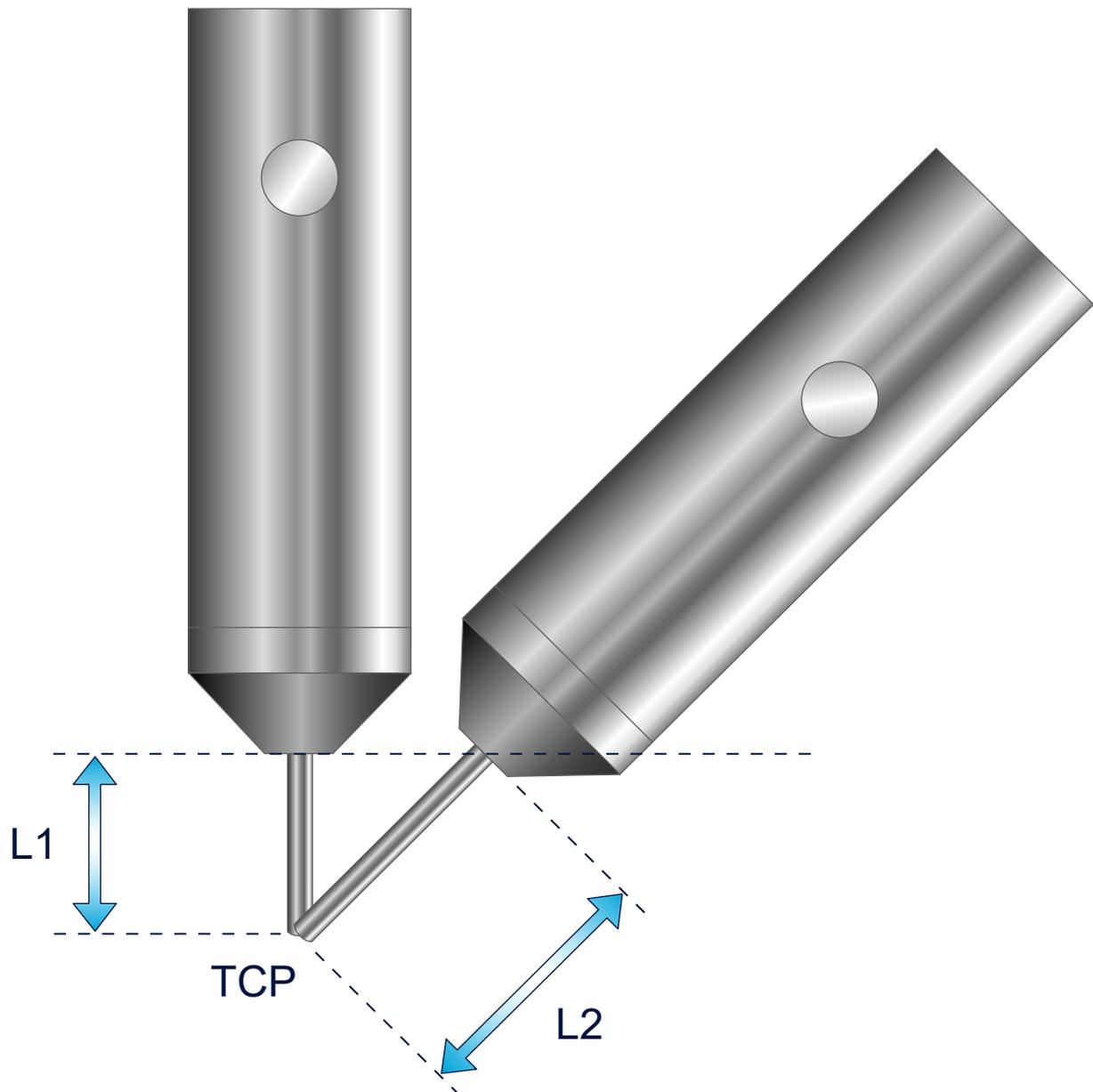


Abb. 49: Bei Schrägstellung des Kopfes bleibt die Höhe der Düsen Spitze über dem Werkstück konstant, d.h. bei  $A \neq 0$  ist die wirksame Länge  $L2 > L1$ .

Um die wirksame Länge  $L2$  zu beschränken und somit die erforderlichen Ausgleichsbewegungen der Maschine gering zu halten sollte die Schrägstellung des Kopfes klein gewählt werden. (Empfehlung maximal  $\pm 45$  Grad)

Die Beschränkung der Schrägstellung kann über die Konfiguration der Software-Endschalter (P-AXIS-00177/ P-AXIS-00178) der A-Achse erfolgen.

#### Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz von Düsen Spitze bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehachse A zu Werkzeugkopfbezugs punkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse (Standardwert 0)	1.0 E-4°
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm

HD7	6	statischer Kopfversatz in X (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Kopfversatz in Y (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Achsversatz Düsenachse zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm

## 2.22 KIN\_TYP\_28 – Fünffachs-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Die physikalische Winkelstellung des Kopfes C, A wird über 2 Achsen mit Getriebekopplung eingestellt.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A ( X, Y, Z, C1, C2)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C(C1), A(C2)	-

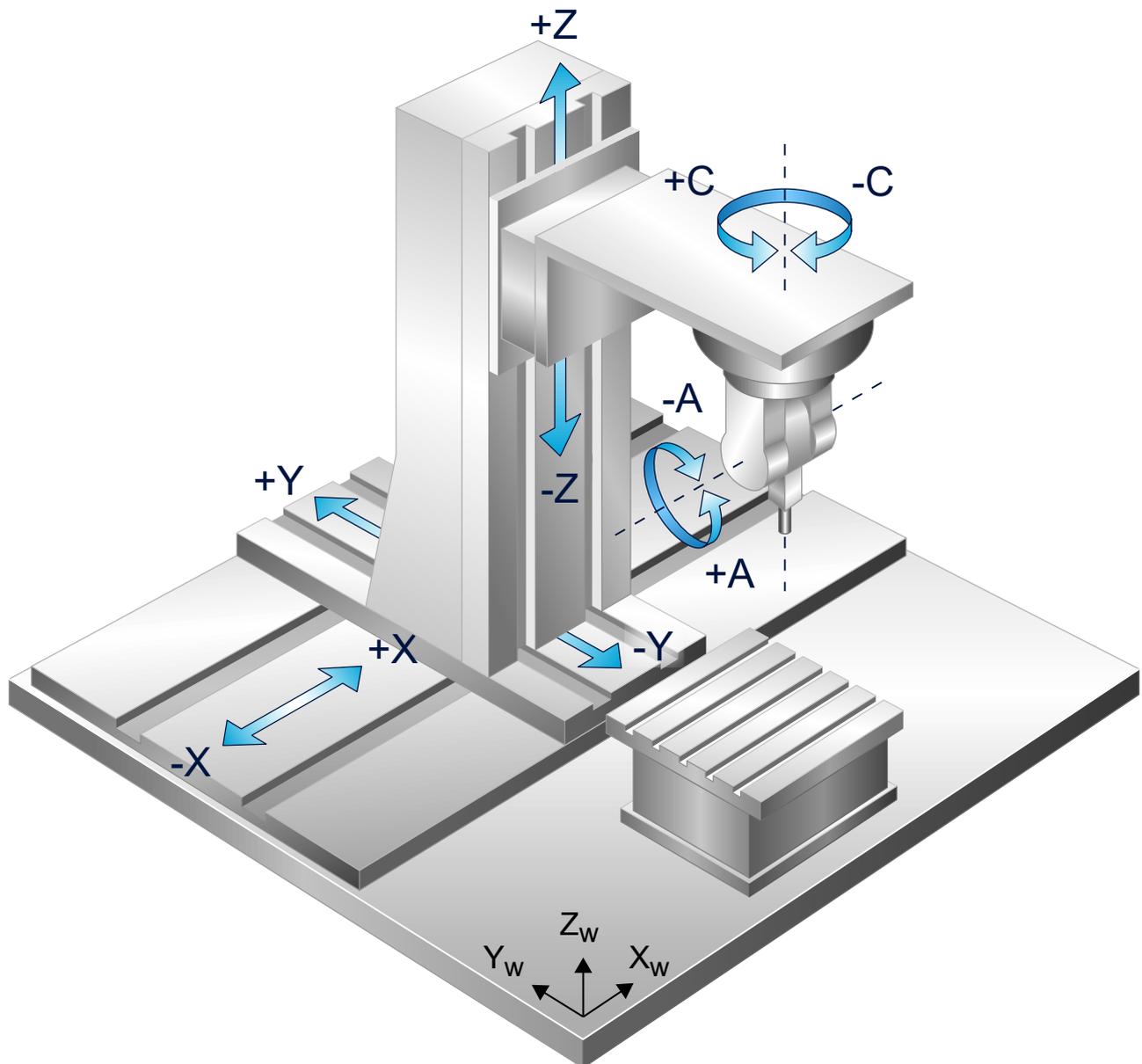


Abb. 50: 5-achsige Kinematik

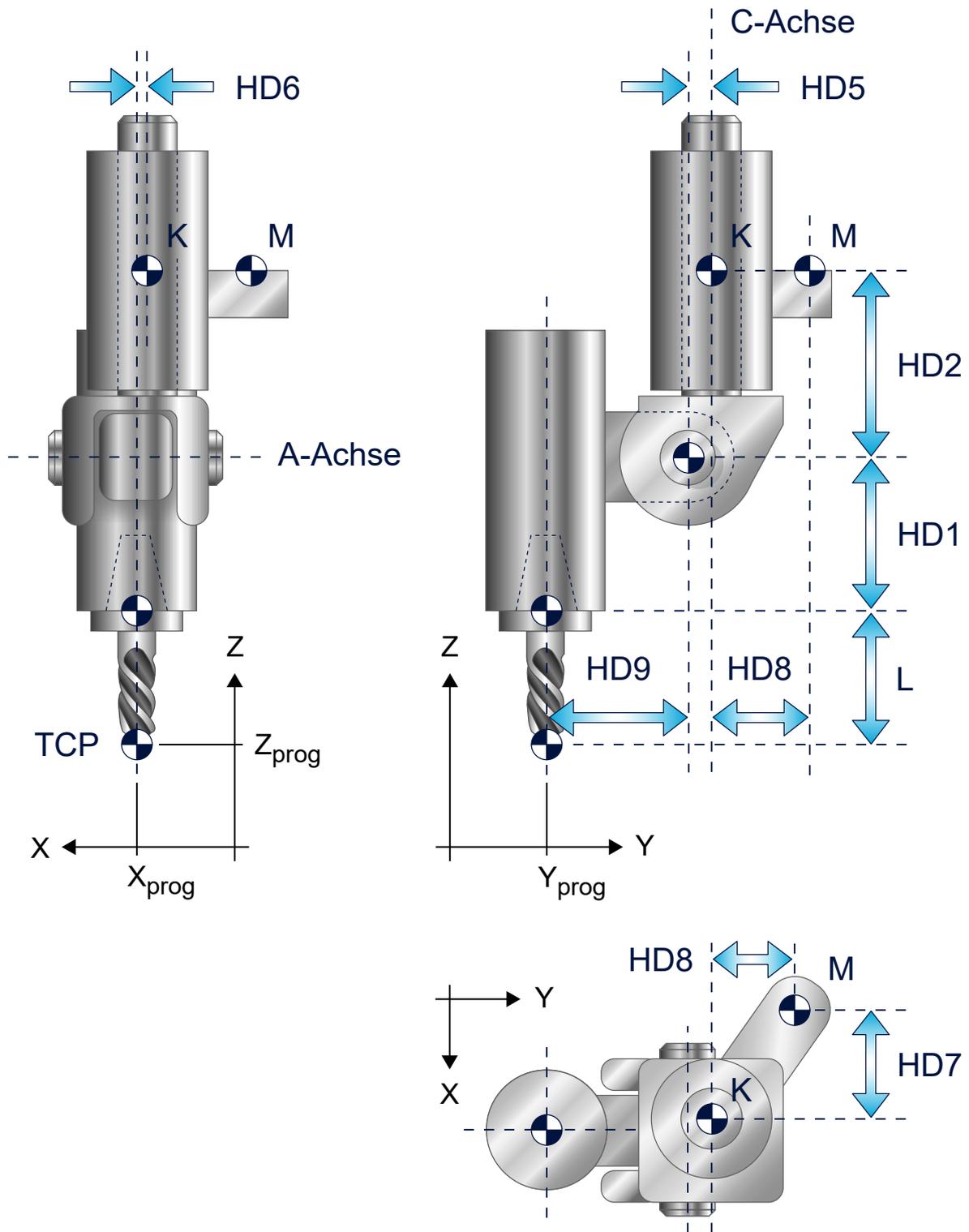


Abb. 51: Werkzeugkopf (Ruhestellung mit  $HD3 = 0, A=0, HD4=0, C=0$ )

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Achsversatz Drehachse A zu Werkzeugkopfbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Rotatorischer Winkelversatz A-Achse (Standardwert 0)	
HD4	3	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse (Standardwert 0)	
HD5	4	Y-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Achsversatz Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	statischer Kopfversatz in X (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Kopfversatz in Y (Standardwert 0)	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Achsversatz Fräserachse zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	n. v.	[ - ]
HD11	10	Nullpunktoffset CA Getriebekopplung	1.0 E-4°
HD12	11	Getriebekopplungsfaktor Zähler	[ - ]
HD13	12	Getriebekopplungsfaktor Nenner	[ - ]
HD14	13	VZ Drehachse C	[ - ]
HD15	14	VZ Drehachse A	[ - ]
HD16	15	A Faktor Zähler	[ - ]
HD17	16	A Faktor Nenner	[ - ]

Die Getriebekopplung zwischen C und A ist absolut und wird nach folgenden Gleichungen durchgeführt:

$$CM = CW$$

$$AM = AW \cdot k_a + NP0 + k_{ca} \cdot CW$$

Mit

$$k_{ca} = \frac{HD12}{HD13} \quad : C \rightarrow A \text{ Getriebekopplungsfaktor}$$

$$k_a = \frac{HD16}{HD17} \quad : A \text{ Auflösungsfaktor}$$

NP0 = HD11 : Nullpunktoffset Getriebekopplung

Die Drehachsen des Kopfes müssen entweder als Linearachsen oder als Rotatorachsen mit ausreichend großem Modulobereich eingestellt sein. Die SWE Überwachung im Kanal wirkt auf Antriebspositionen entsprechend den im MDS eingestellten Grenzen.

## 2.23 KIN\_TYP\_30 – Vierachs-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, A	-

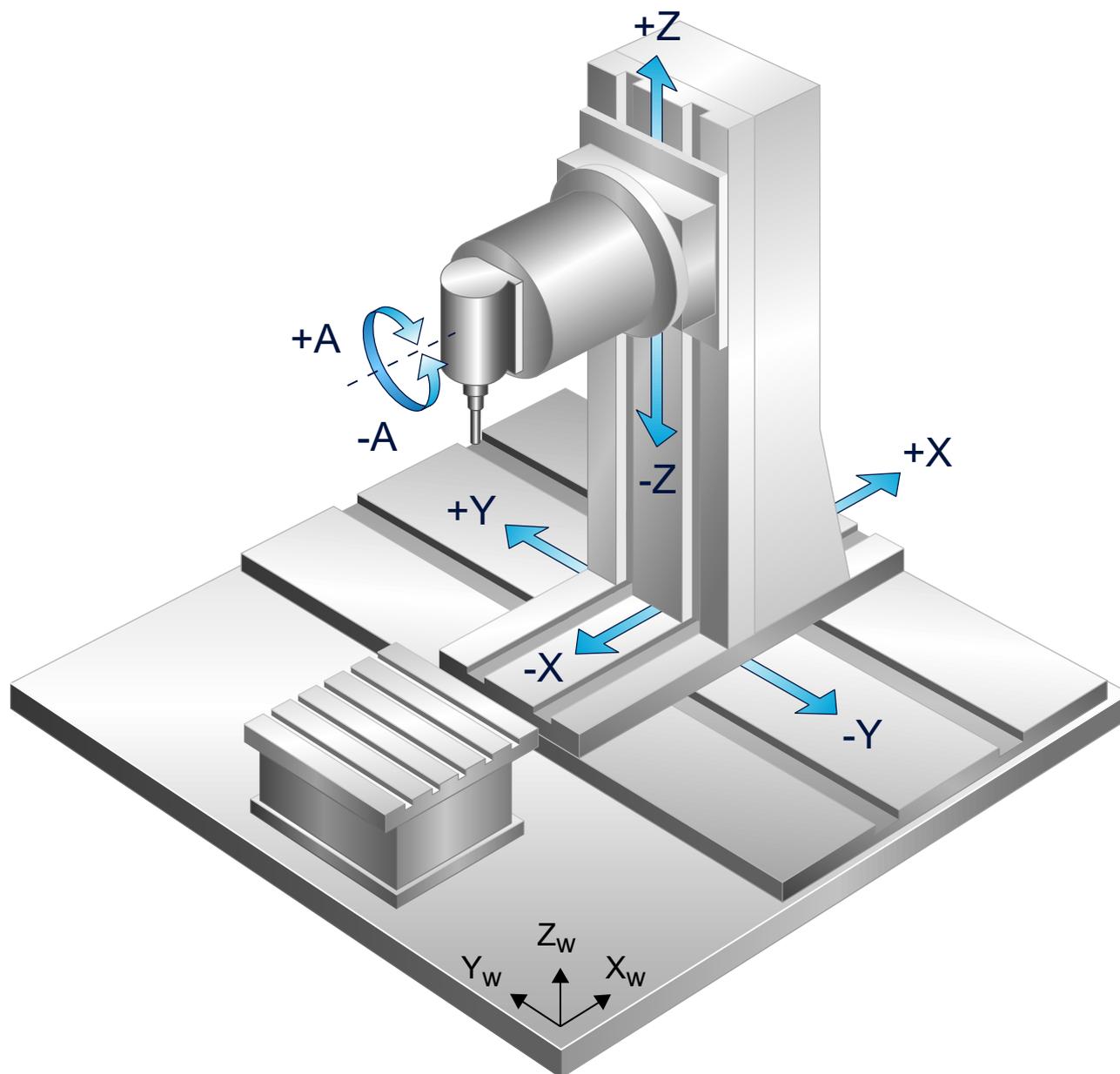


Abb. 52: 4-achsige Kinematik (Bohr- und Fräsaggregat)



## 2.24 KIN\_TYP\_33 – Fünffachs-Kinematik mit Schrägwinkelkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Als Besonderheit sind bei dieser Kinematik aufgrund des mechanischen Aufbaus bei Drehung der rotatorischen Achsen keine Ausgleichsbewegungen der translatorischen Achsen erforderlich.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

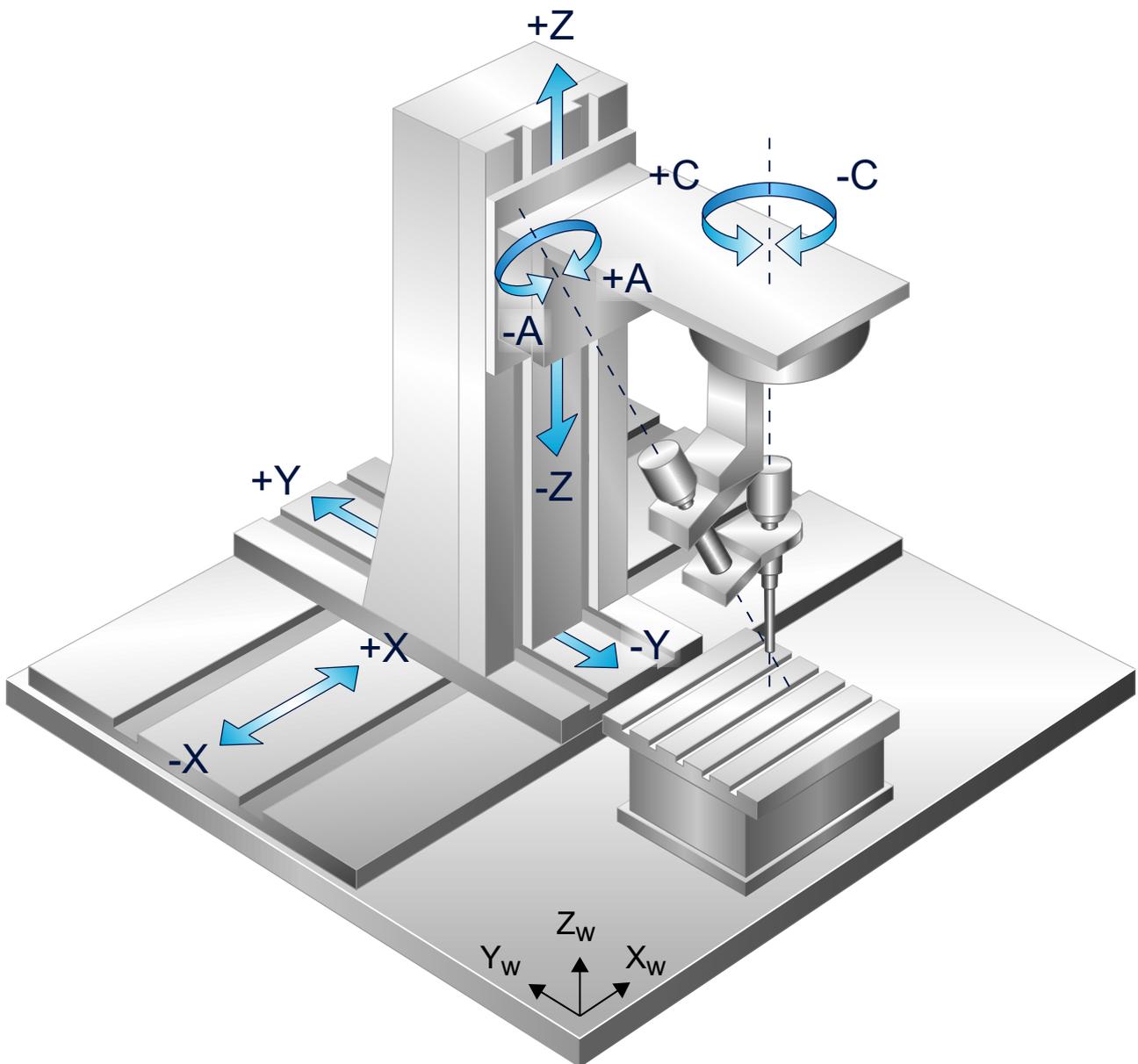


Abb. 54: 5-achsiger Schrägwinkelkopf

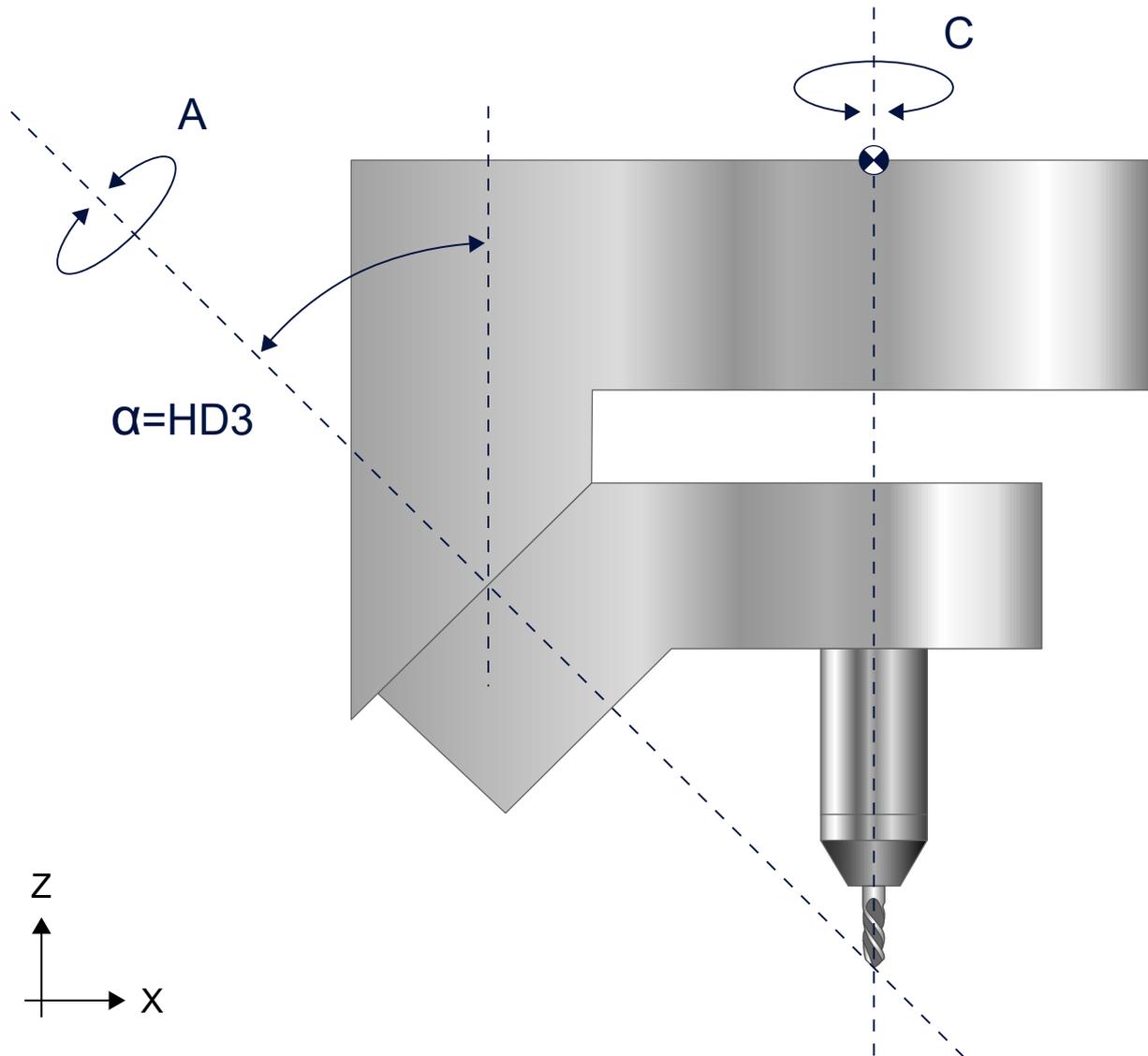


Abb. 55: Schrägwinkelkopf in Nullstellung, HD7=0

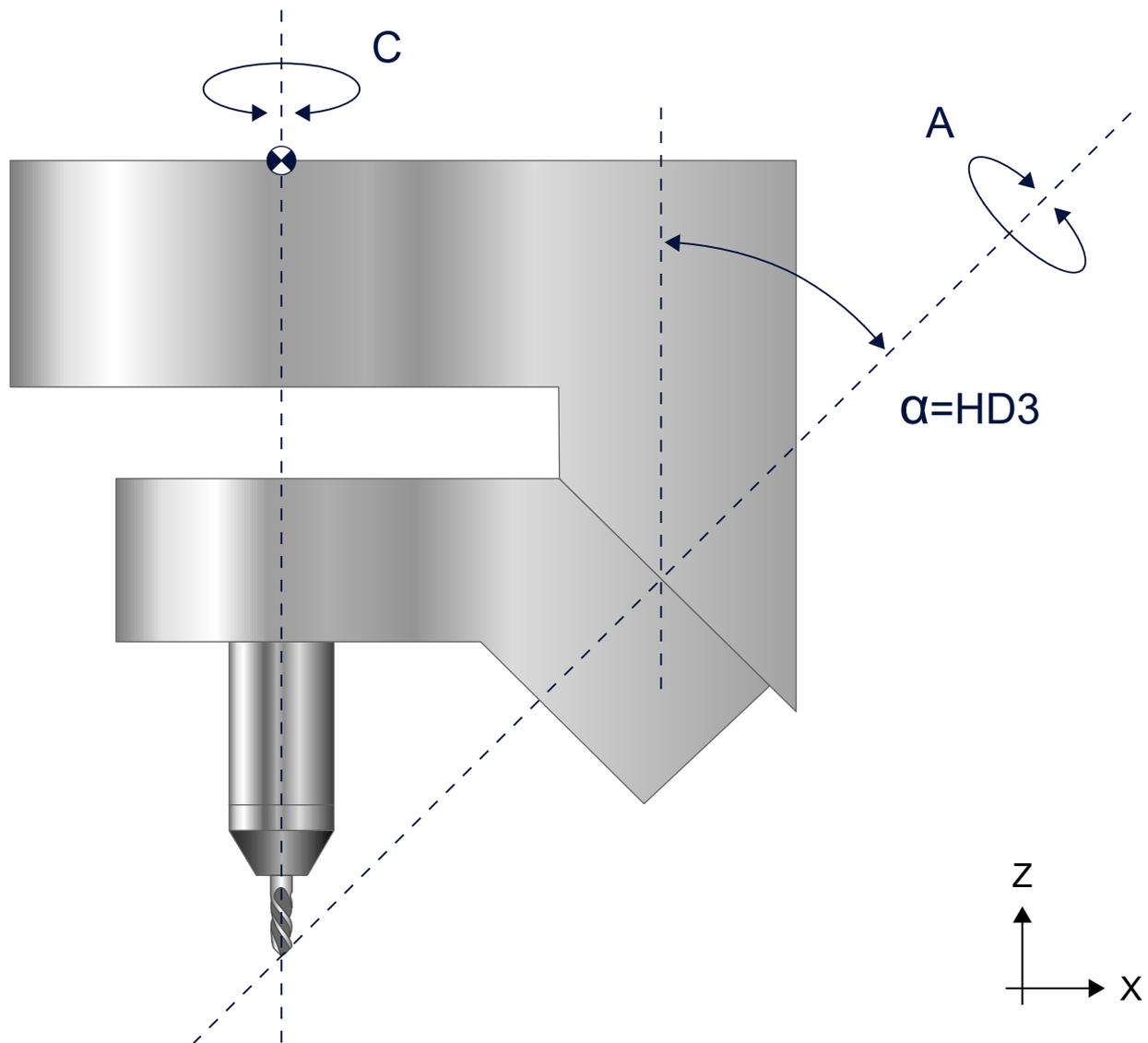


Abb. 56: Schrägwinkelkopf mit 180 Grad Kopffoffset in Nullstellung, HD7=1

**Versatzdaten der kinematischen Struktur**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD3	2	Kopfwinkel	1.0 E-4°
HD4	3	Statischer X-Versatz	1.0 E-4 mm
HD5	4	Statischer Y-Versatz	1.0 E-4 mm
HD6	5	Statischer Z-Versatz	1.0 E-4 mm
HD7	6	Orientierung C-Achs Kopf, erforderlich, wenn Kopf 180° Offset in Nullstellung hat	[ - ]

## 2.25 KIN\_TYP\_34 – Vierachs-Kinematik mit X/C-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 2 translatorischen NC-Achsen im Werkzeug, jeweils einer rotatorischen und translatorischen NC-Achse im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Y, Z	X, C

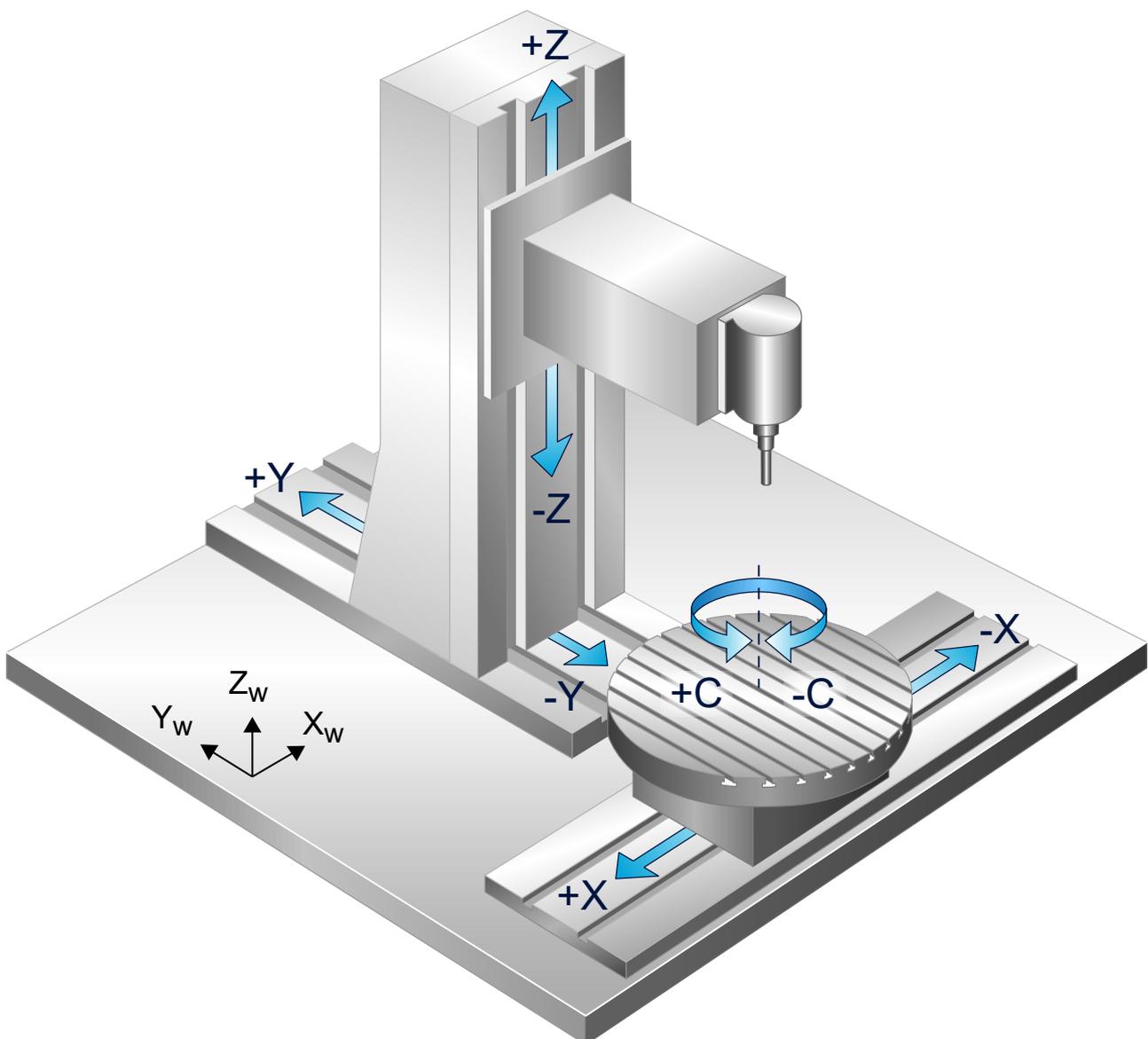


Abb. 57: 4-achsige C-Achs-Kinematik

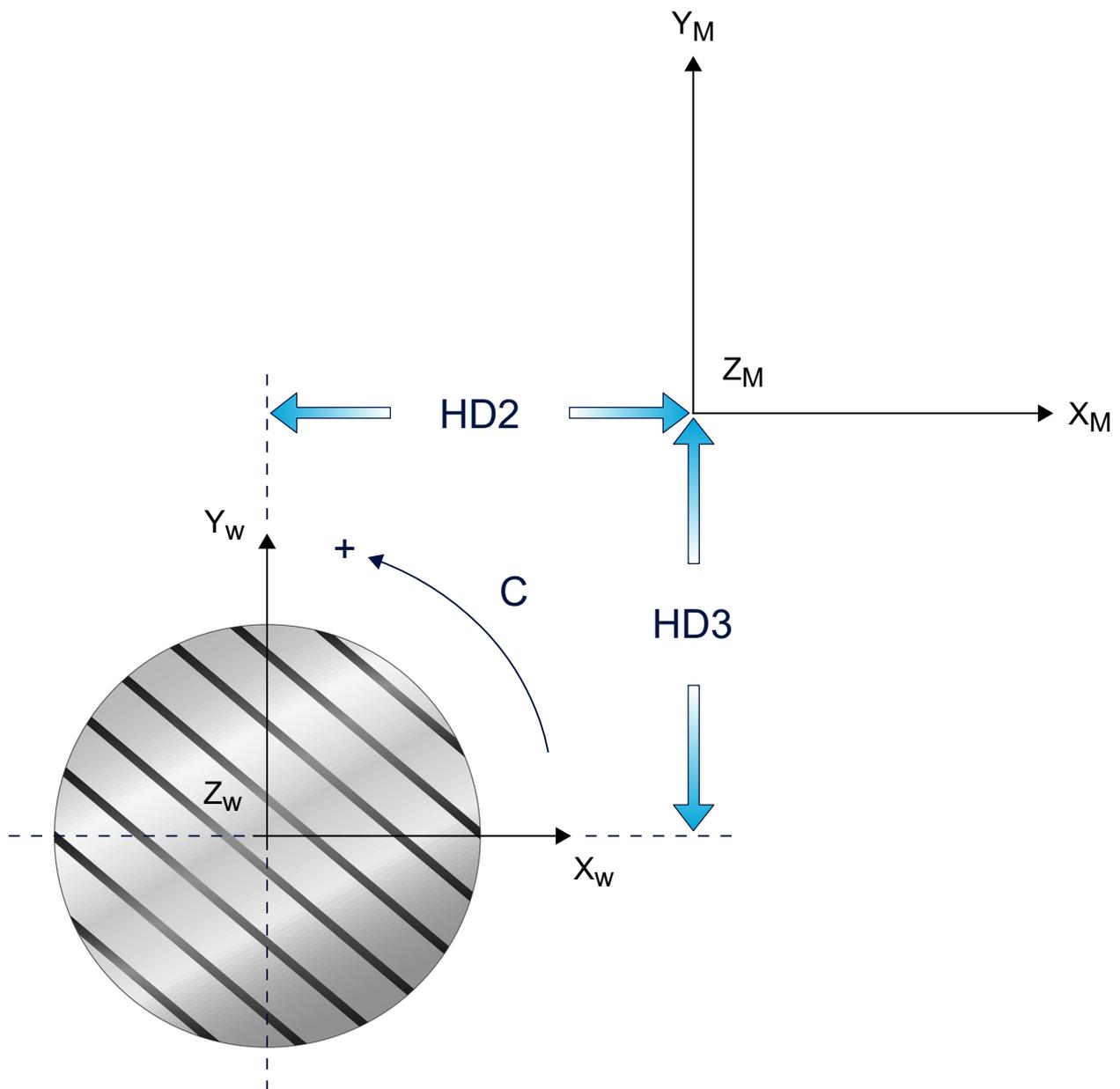


Abb. 58: Nullpunktversätze am rotatorischen C-Achs-Werkstückträger

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	MCS Versatz X	1.0 E-4 mm
HD3	2	MCS Versatz Y	1.0 E-4 mm

## 2.26 KIN\_TYP\_52 – Fünfachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik dieser Maschine besteht aus 3 translatorischen Achsen und 2 rotatorischen Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y	Z, A, B

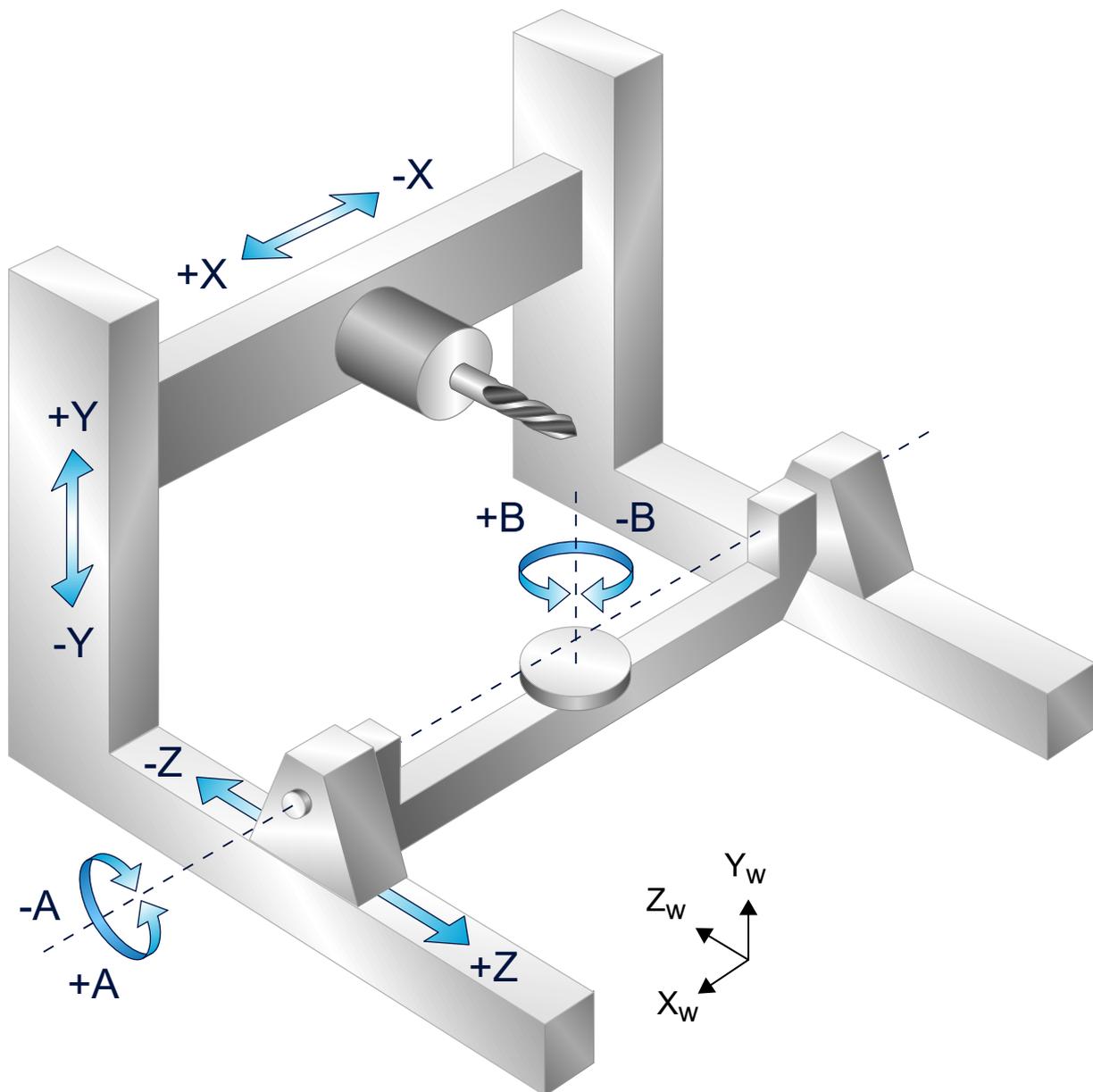


Abb. 59: Kinematik der 5-achsigen Fräsmaschine

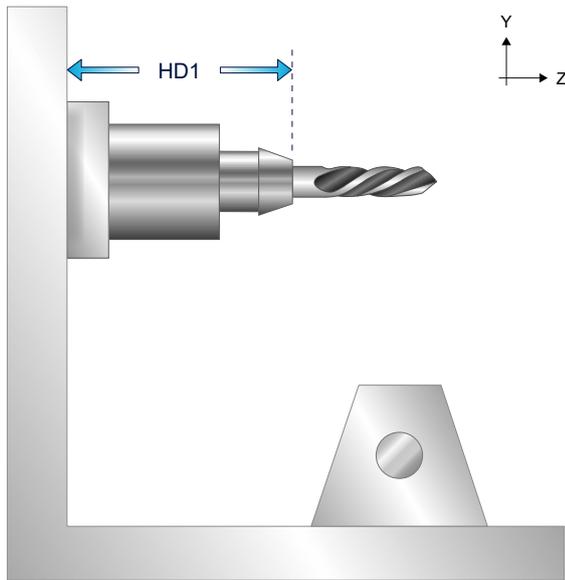


Abb. 60: Definition der Versatzparameter

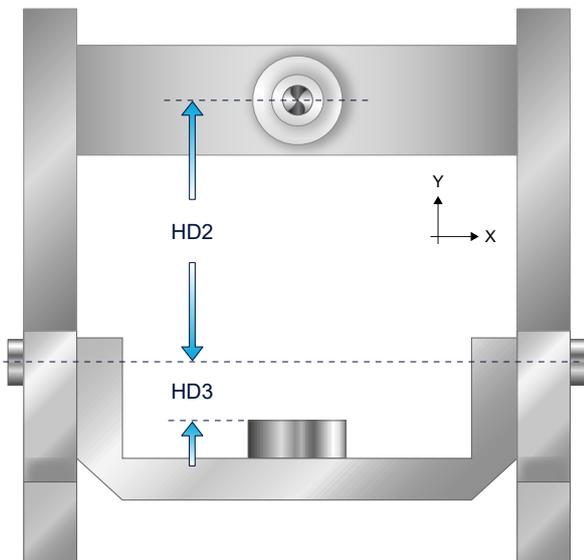


Abb. 61: Definition der Versatzparameter in der Frontansicht

In der obigen Abbildung ist die Kinematik für die Maschinenachspositionen  $Z = 0$ ,  $Y = 0$  und  $A = 0$  dargestellt.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Werkzeugeinspannpunkt.	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Versatz Werkzeug	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz von Nullpunkt Werkstückkoordinatensystem zu Drehachse A-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	Vorzeichen Drehrichtung A-Achse	[ - ]
HD5	4	Vorzeichen Drehrichtung B-Achse	[ - ]

## 2.27 KIN\_TYP\_57 – Fünfachs-Kinematik mit B/C-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	B, C

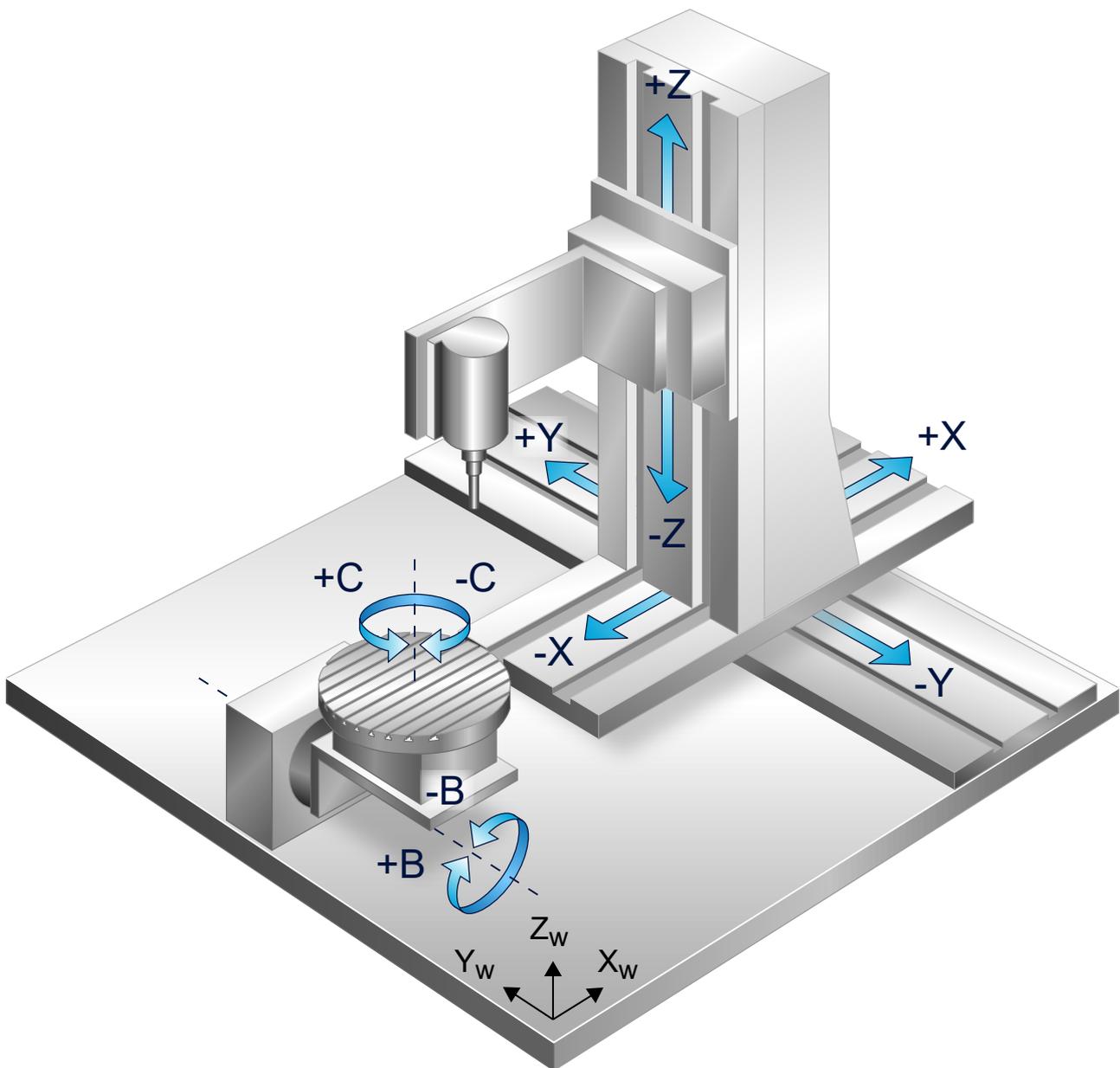


Abb. 62: Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit BC Werkstücktisch

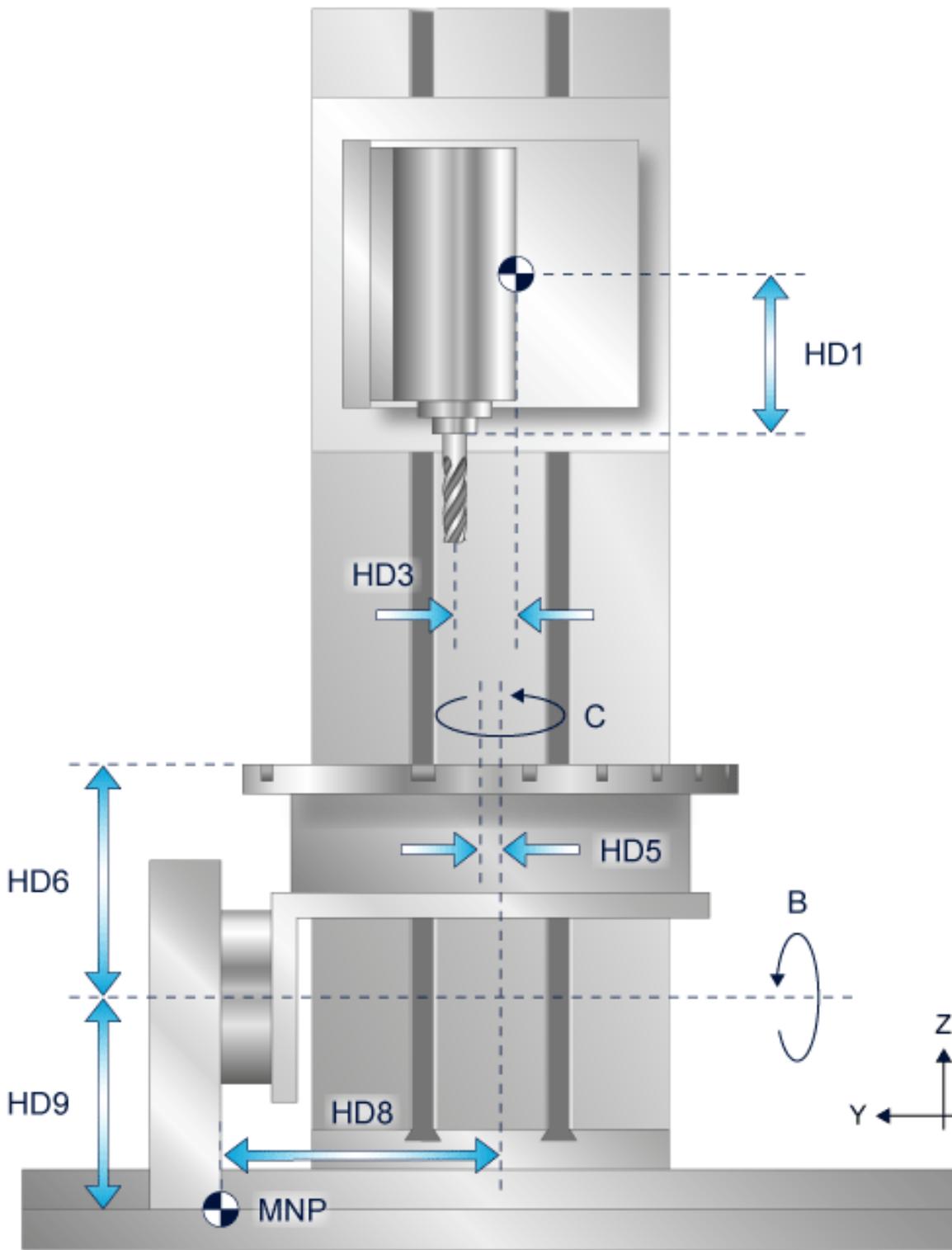


Abb. 63: Versätze in Y/Z Ansicht

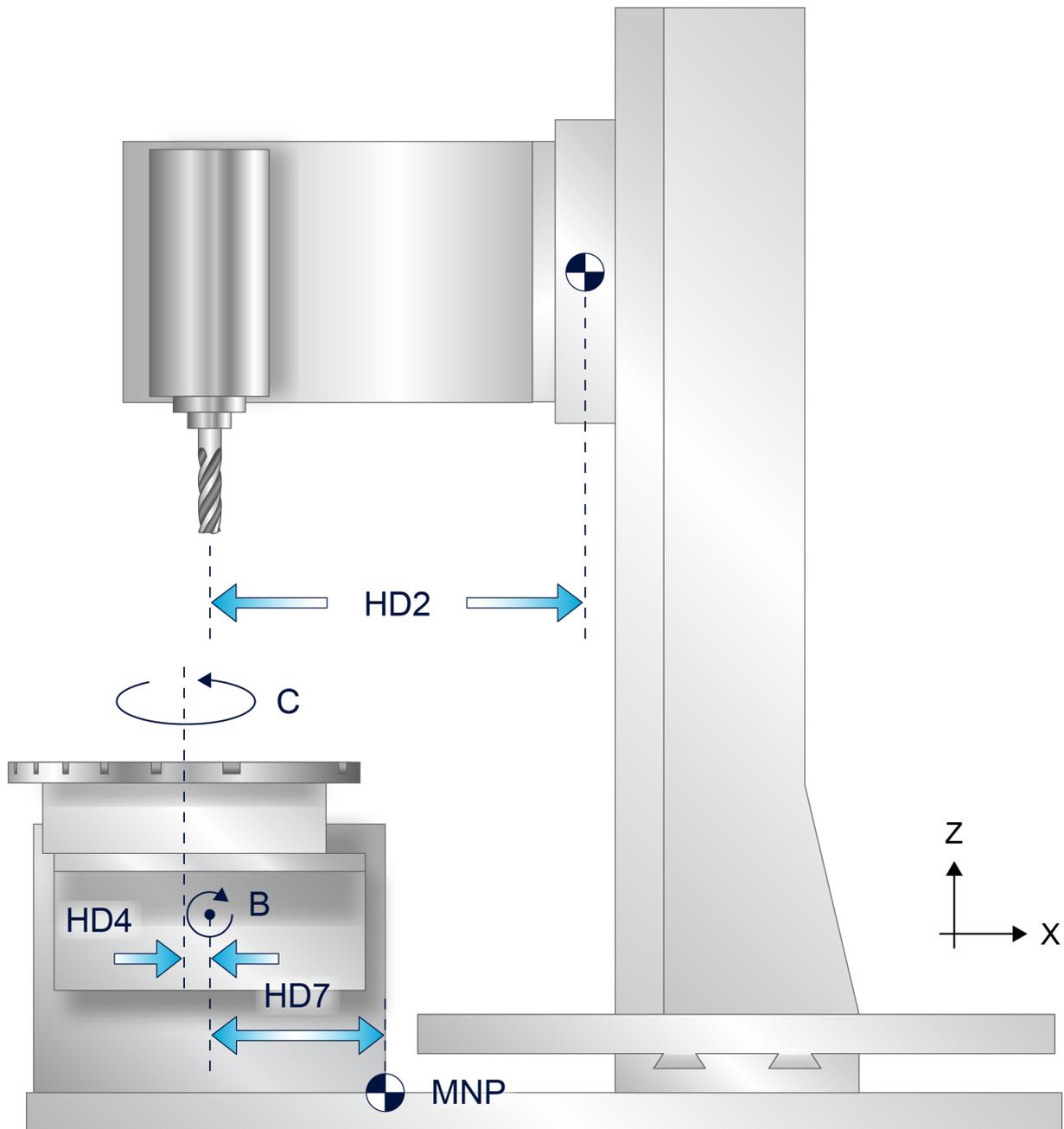


Abb. 64: Versätze in X/Z Ansicht

Der Maschinennullpunkt kann über die Parameter HD7..HD9 verschoben werden. Abweichende Nullstellungen der rotatorischen Achsen B und C können über die Parameter HD10 HD11 so eingestellt werden, dass das interne kinematische Modell mit der realen Maschinenkinematik übereinstimmt. Ebenso können abweichende Drehrichtungen der Achsen B und C über die Parameter HD12, HD13 eingestellt werden. Im Allgemeinen sind dann auch die Vorzeichen von Soll- und Istgrößen in den Achsparametern entsprechend anzupassen.

Über die Parameter HD14..HD16 kann der Nullpunkt des WCS auf dem Drehteller festgelegt werden.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD10	9	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD11	10	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD12	11	Drehrichtungsflag B-Achse	[ - ]
HD13	12	Drehrichtungsflag C-Achse	[ - ]
HD14	13	X Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD15	14	Y Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD16	15	Z Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm

## 2.28 KIN\_TYP\_58 – Fünfachs-Kinematik mit A/C-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	A, C

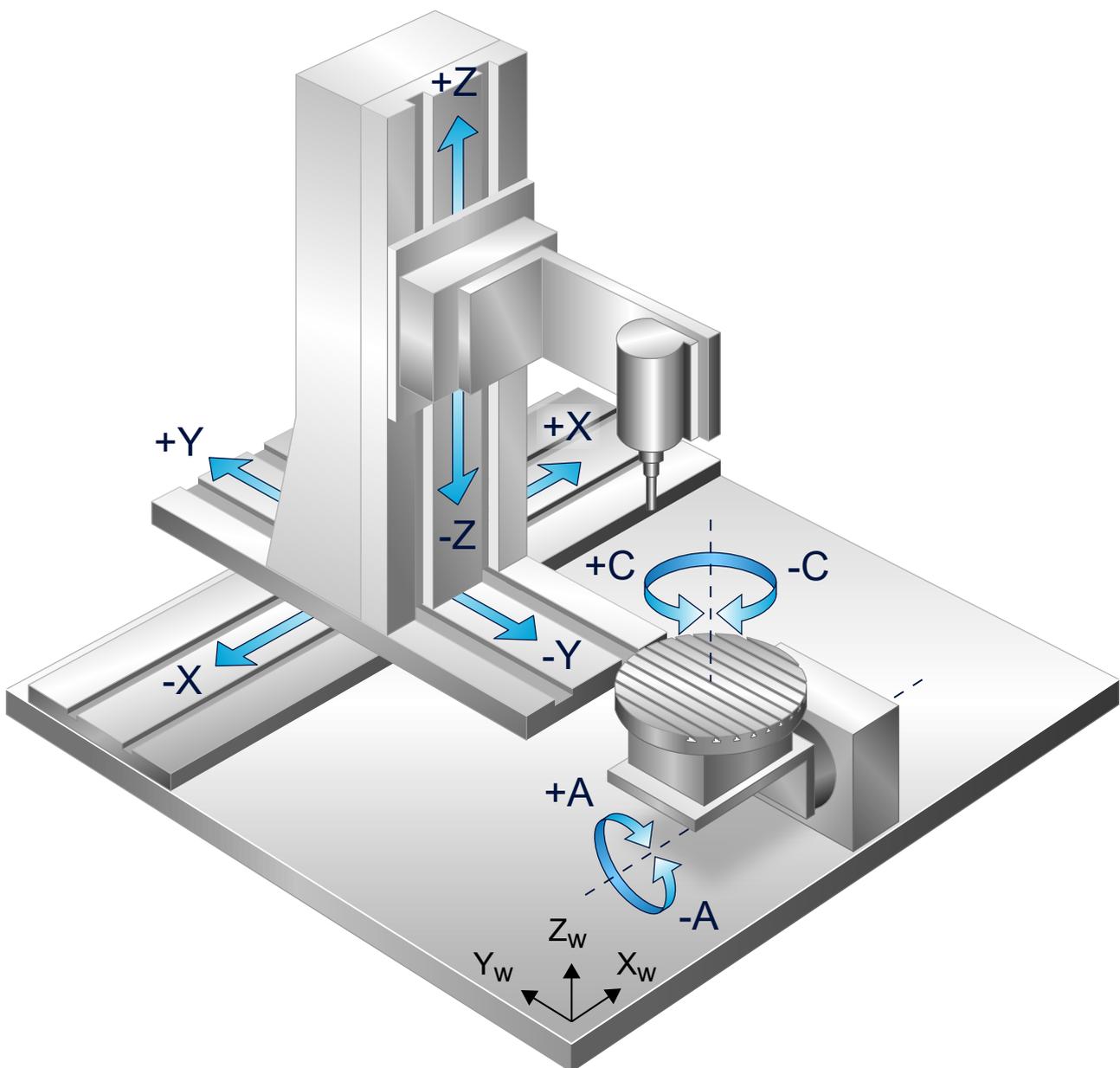


Abb. 65: Kinematische Struktur der 5-achsigen Maschine mit AC Werkstücktisch

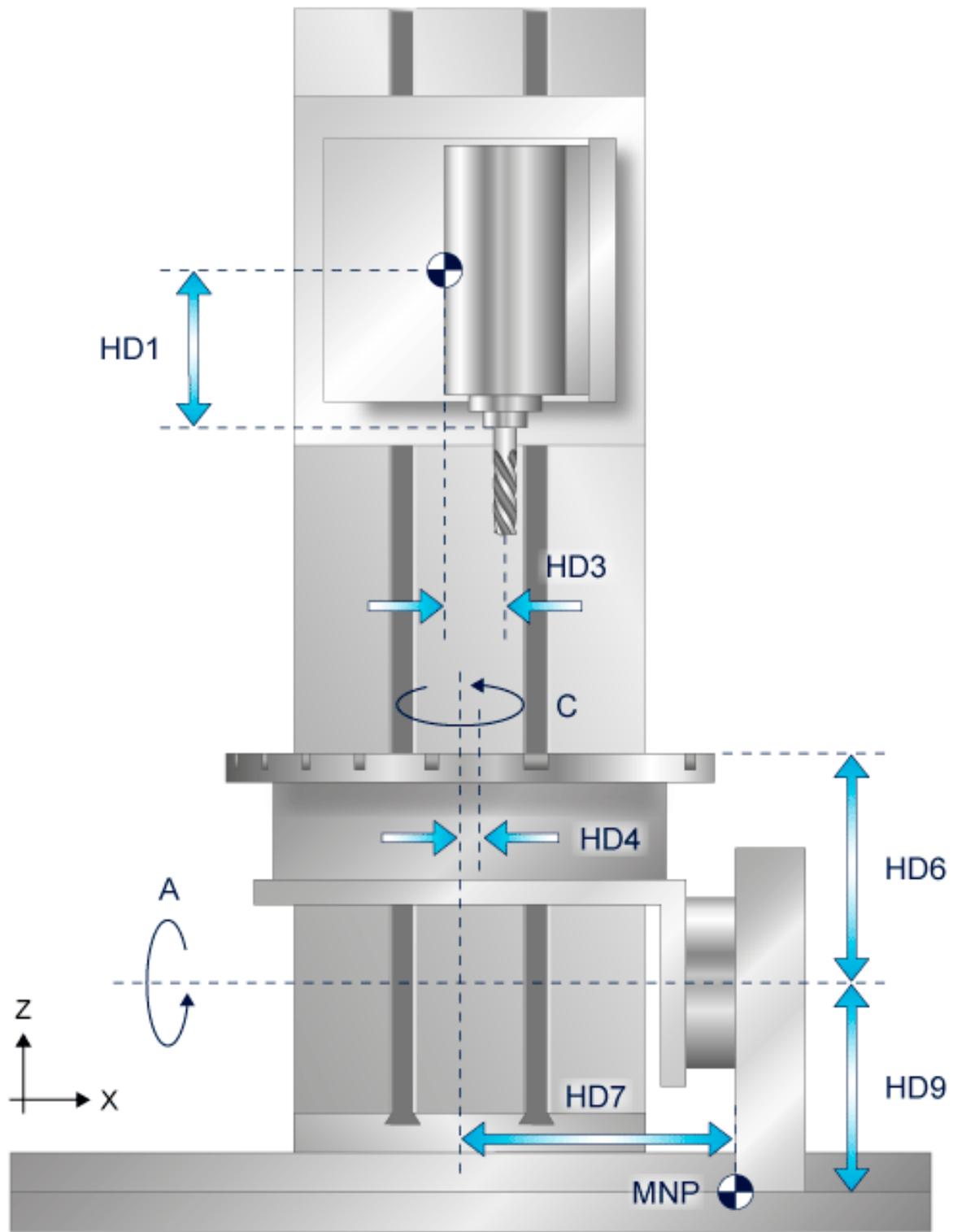


Abb. 66: Versätze in X/Z Ansicht

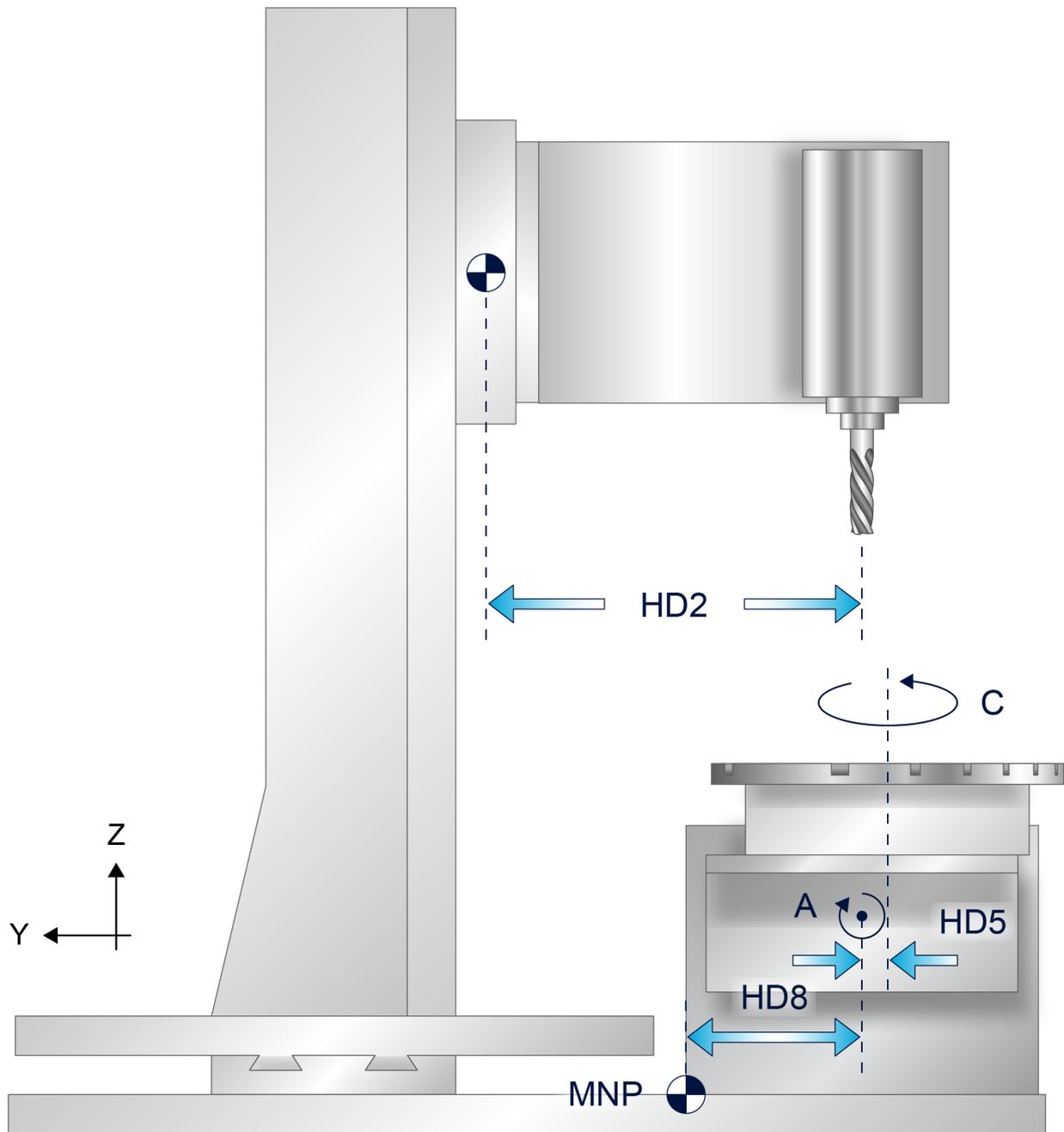


Abb. 67: Versätze in Y/Z Ansicht

Den Maschinennullpunkt legt man typischerweise in die Drehachse A. Bei Bedarf kann er über die Parameter HD7-HD9 verschoben werden. Abweichende Nullstellungen der rotatorischen Achsen A und C können über die Parameter HD10 und HD11 so eingestellt werden, dass das interne kinematische Modell mit der realen Maschinenkinematik übereinstimmt. Ebenso können abweichende Drehrichtungen der Achsen A und C über die Parameter HD12, HD13 eingestellt werden. Im Allgemeinen sind dann auch die Vorzeichen von Soll- und Istgrößen in den Achsparametern entsprechend anzupassen.

Über die Parameter HD14..HD16 kann der Nullpunkt des WCS auf dem Drehteller verschoben werden.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Werkzeugversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD10	9	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD11	10	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD12	11	Drehrichtungsflag A-Achse	[ - ]
HD13	12	Drehrichtungsflag C-Achse	[ - ]
HD14	13	X-Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD15	14	Y-Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm
HD16	15	Z-Versatz NP WCS	1.0 E-4 mm

## 2.29 Kardankinematik

### 2.29.1 KIN\_TYP\_59 – Kardankinematik mit C/A-Kopf

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Die A-Achse ist um einen Winkel  $\neq 90$  Grad um die Y-Achse gedreht angeordnet, typischerweise liegt der Winkel zwischen 30 und 60 Grad.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z,C,A	-

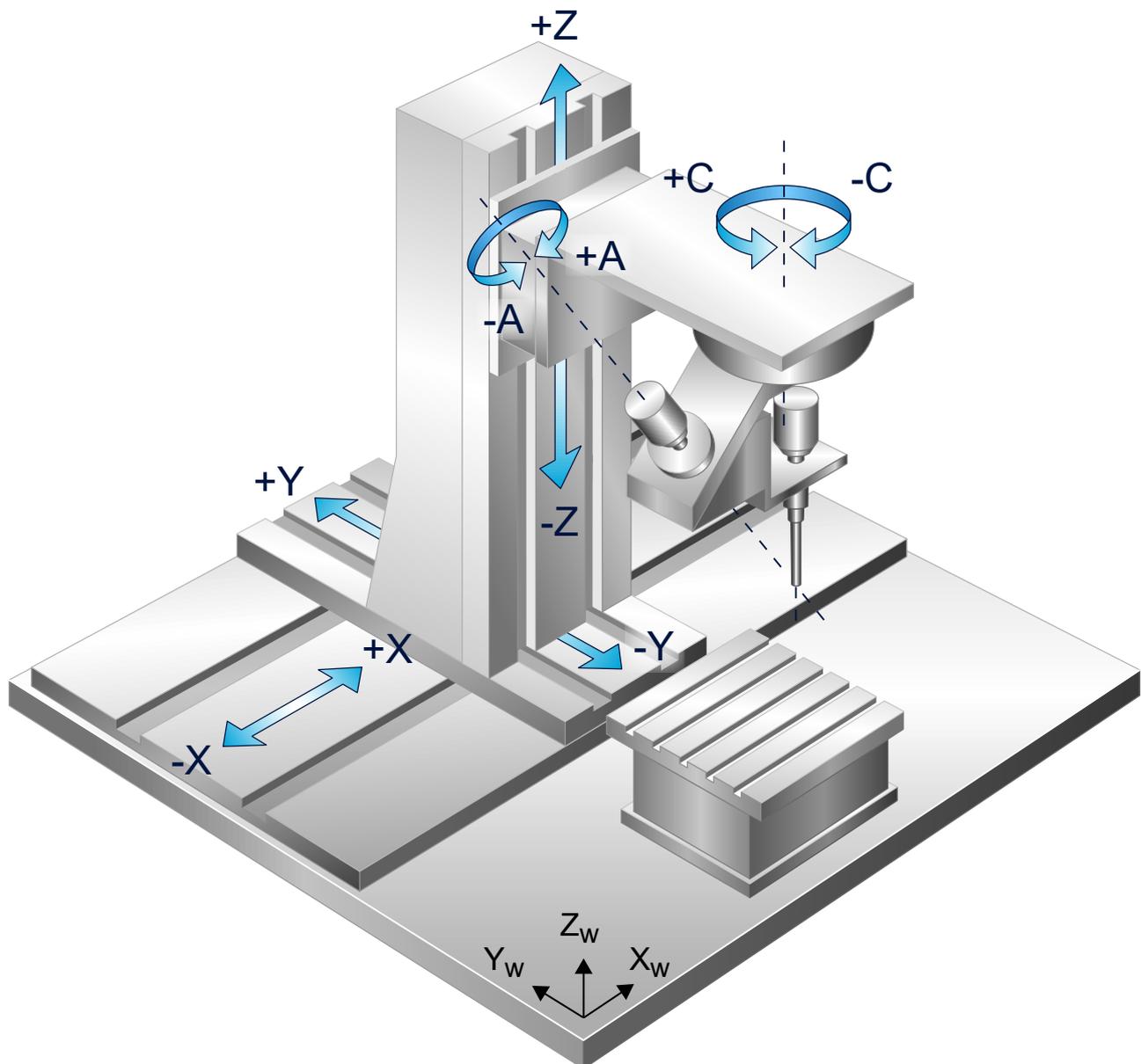


Abb. 68: Kardankinematik mit CA-Kopf

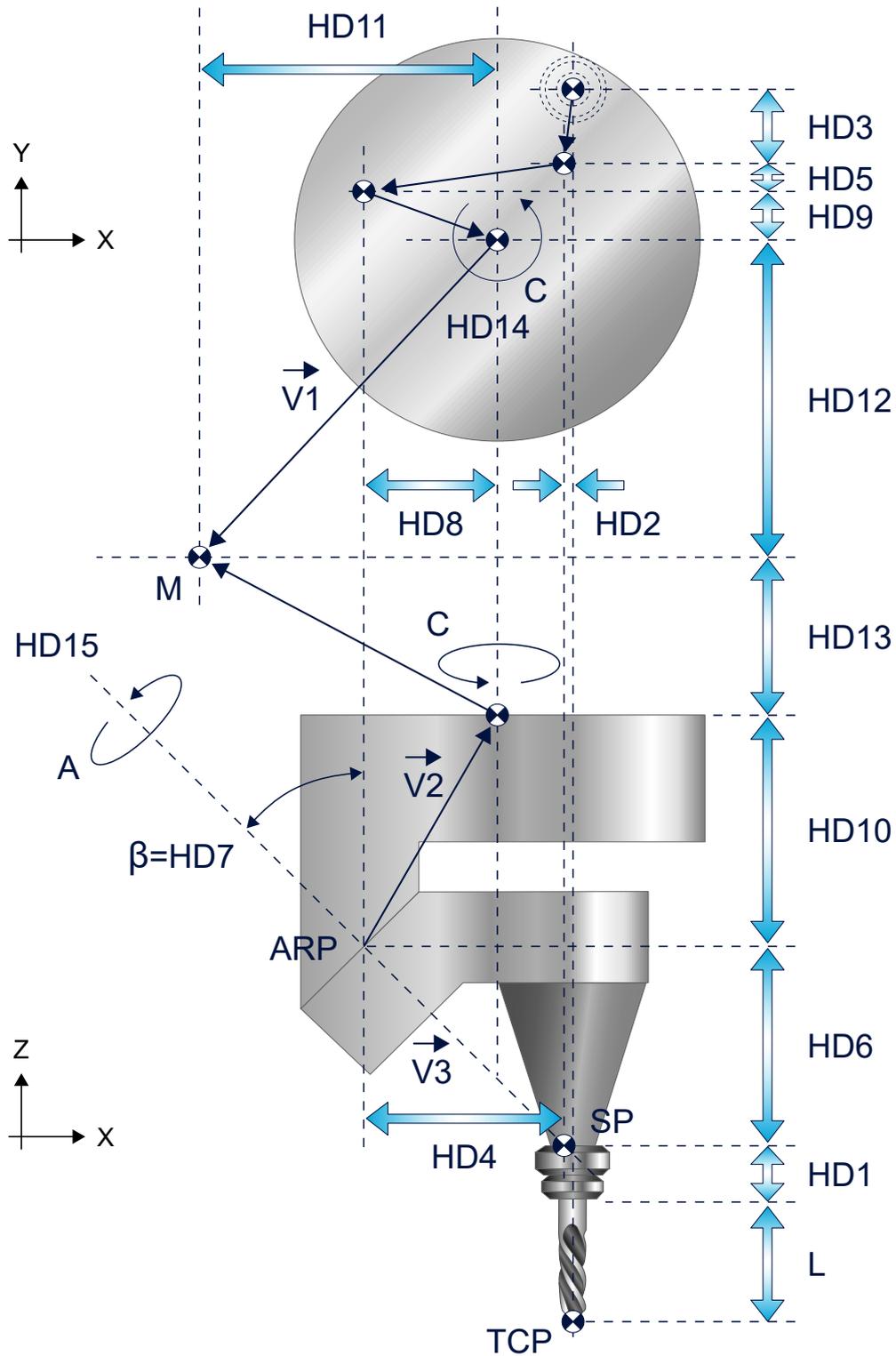


Abb. 69: Versätze des kardanischen CA-5-Achskopfes

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z- Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X- Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y- Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X- Versatz Kompensationspunkt (SP) bis A-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y- Versatz Kompensationspunkt (SP) bis A-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z- Versatz Kompensationspunkt (SP) bis A-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	Winkel zwischen A-Achse und Z-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	X- Versatz A-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Versatz A-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Z-Versatz A-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD12	11	Y-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD13	12	Z-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer interner Offset C-Achse (*)	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer interner Offset A-Achse (*)	1.0 E-4°
HD16	15	Rotatorischer Offset C-Achse (*)	1.0 E-4°
HD17	16	Rotatorischer Offset A-Achse (*)	1.0 E-4°
HD21	20	Steuerflag: 0: Transformation der rotatorischen Achsen C und A , Standard. 1: Die rotatorischen Achsen C und A sind Maschinenwinkel.	[ - ]

Im Allgemeinen wandert der mit ARP (Rotationspunkt A-Achse) bezeichnete Bezugspunkt in den Bezugspunkt SP d.h. der Vektor V3 ist 0 und der Punkt SP liegt in der Werkzeugachse, die sich mit der C-Drehachse deckt. In diesem Fall sind dann nur die Parameter L, HD1, HD7 und HD10 erforderlich. Die Kinematik kann einen A-Raumwinkel von maximal 2\*HD7 umsetzen.

(\*) Die rotatorischen Offsets HD14 und HD15 wirken nur auf das interne Kinematikmodell, d.h. diese Offsets werden nicht an die rotatorischen Achsen weitergereicht. Im Gegensatz dazu wirken die Offsets HD16 und HD17 wie eine NPV bei aktiver kinematischer Transformation. Sie führen auch zu einer Neupositionierung des Kardankopfes mit rotatorischem Offset bei Programmierung einer Winkelposition.

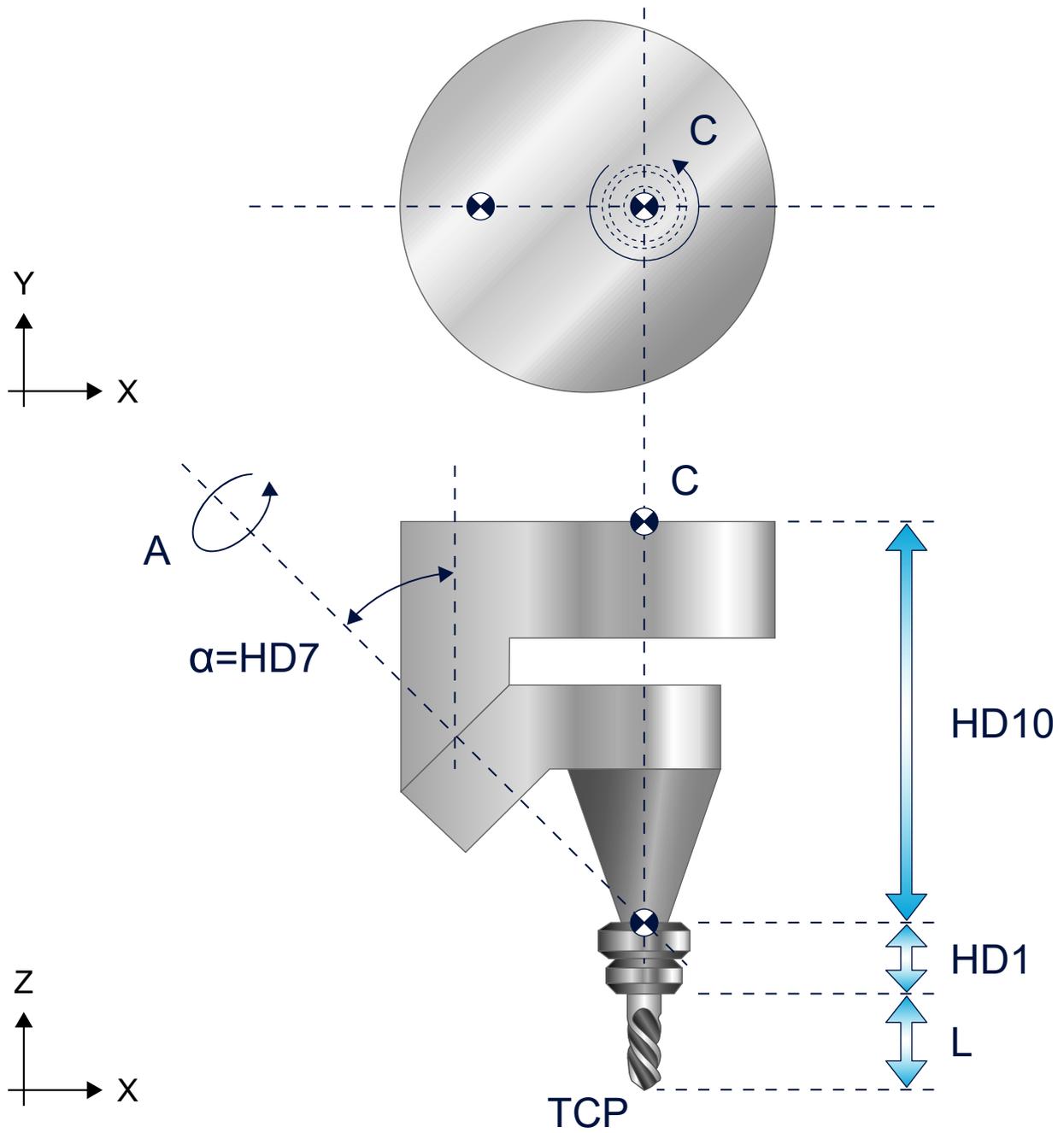


Abb. 70: Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-A-Achse liegt in Werkzeugachse)

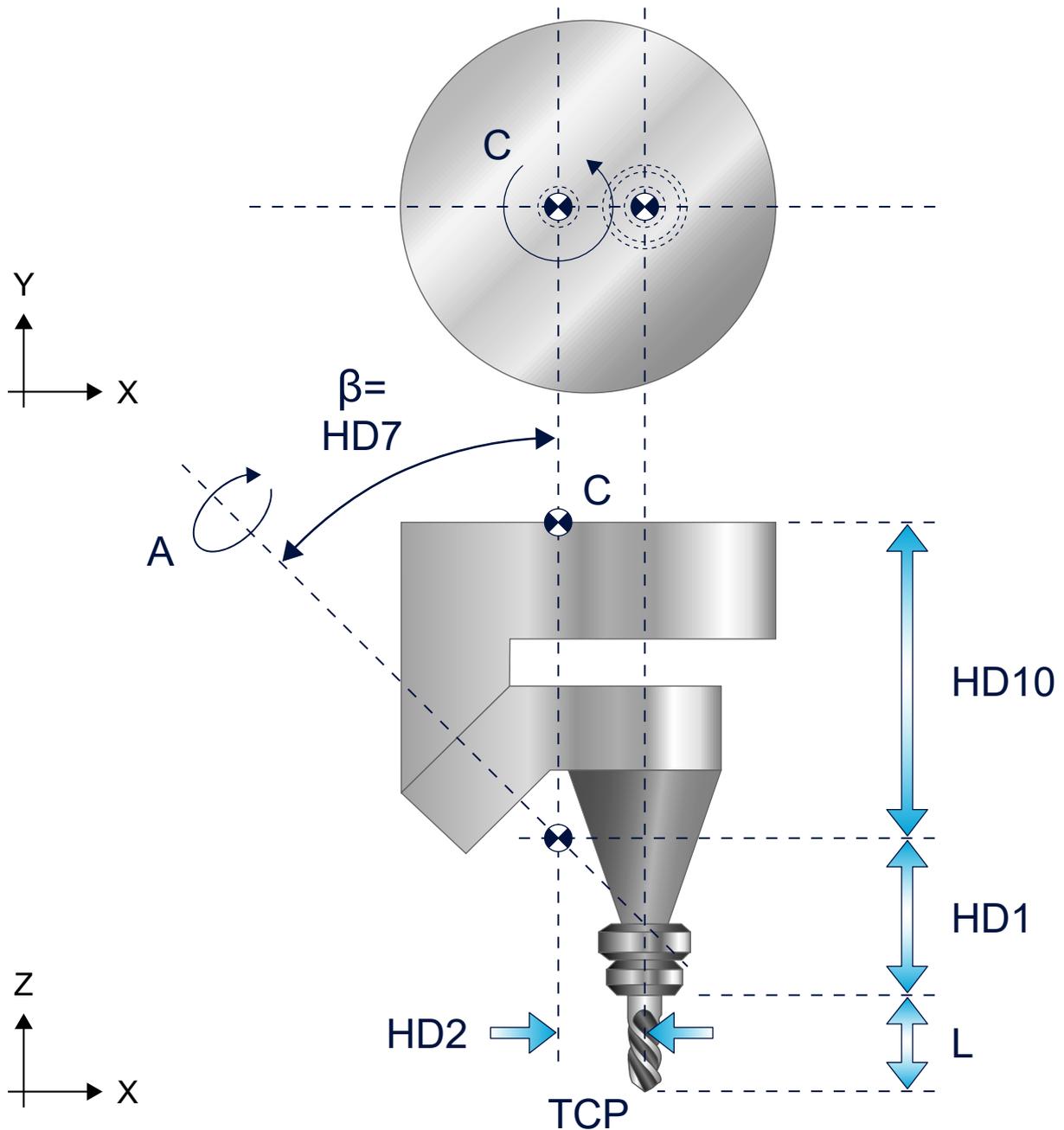


Abb. 71: Kardankopf mit versetzter C-Achse (C-Achse liegt nicht in der Werkzeugachse)

### 2.29.1.1 Sägeblatt mit TCP Funktion

Mit Aktivierung des Parameters HD20 kann die kinematische Transformation dazu verwendet werden TCP Versätze abhängig vom Zielwinkel A des Kardankopfes zu berechnen. Dies ist notwendig um die korrekte Schneidtiefe mit dem Sägeblatt programmieren zu können wenn  $A \neq 0$  ist. Der TCP befindet sich dann zum tiefsten Punkt auf dem Sägeblatt.

Der Zielwinkel A ist im Parameter HD19 einzustellen.

Nachdem der Zielwinkel  $A \neq 0$  angefahren wurde liegt der TCP entsprechend der Darstellung unten am Punkt mit minimalem Abstand zur Werkstückoberfläche (in Nullposition von A liegt der TCP in X Richtung rechts auf dem Sägezahn)

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung
HD19	18	Kopf Zielwinkel A für Sägebearbeitung

HD20	19	<p>Steuerflag:                  0: Standard, Kardantransformation für Fräsbearbeitung                  2: Kardan Transformation mit TCP am Sägeblatt</p> <p>Mit der Aktivierung der Kinematik werden die erforderlichen Werkzeugoffsets abhängig vom Sägeblattradius und Zielwinkel A berechnet. In der Zielwinkelposition <math>A \neq 0</math> liegt der TCP am tiefsten Punkt am Sägeblatt (i.A. minimaler Abstand zum Werkstück).</p>
------	----	---

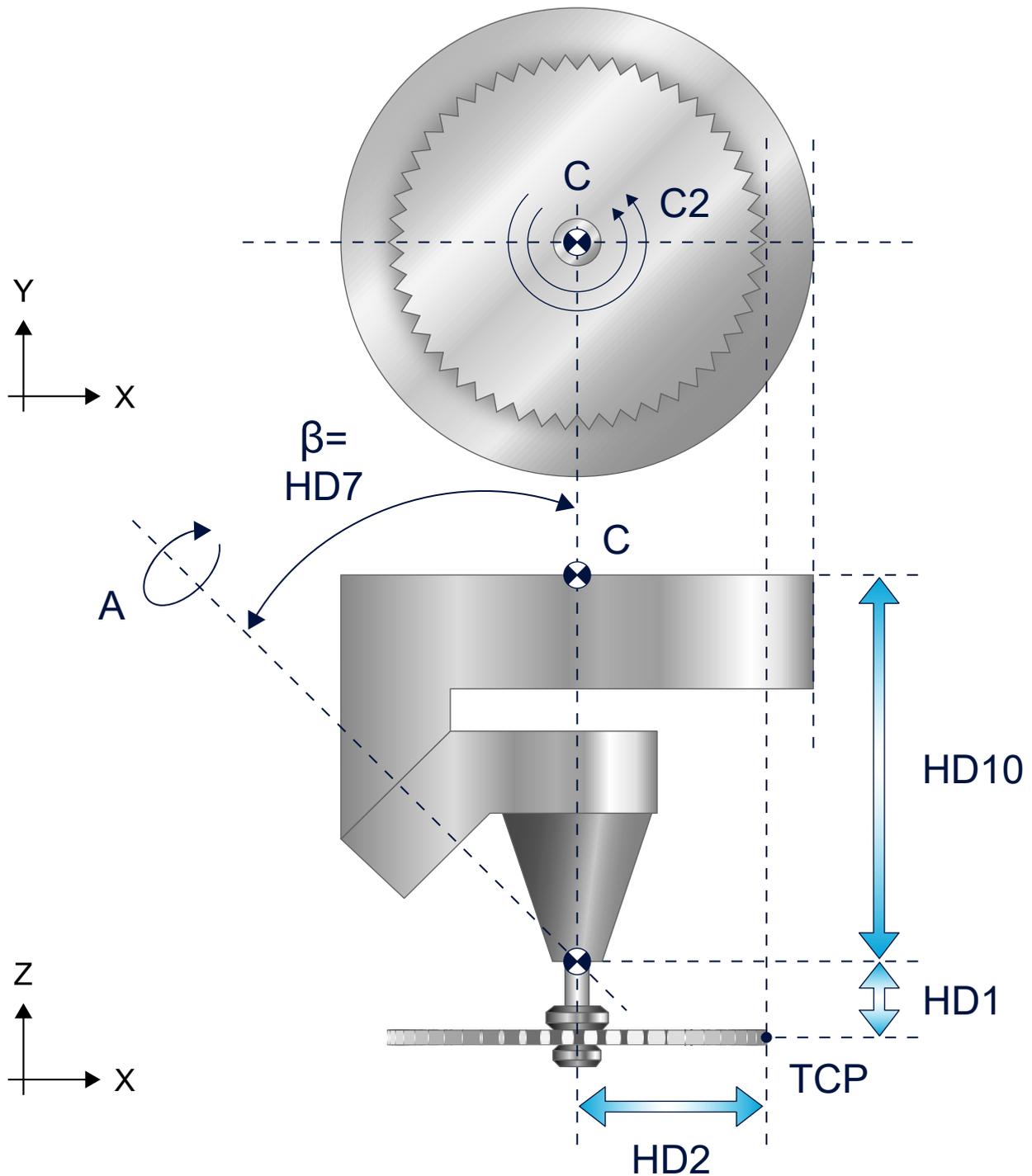


Abb. 72: Kardankopf mit Sägewerkzeug und TCP am Sägezahn

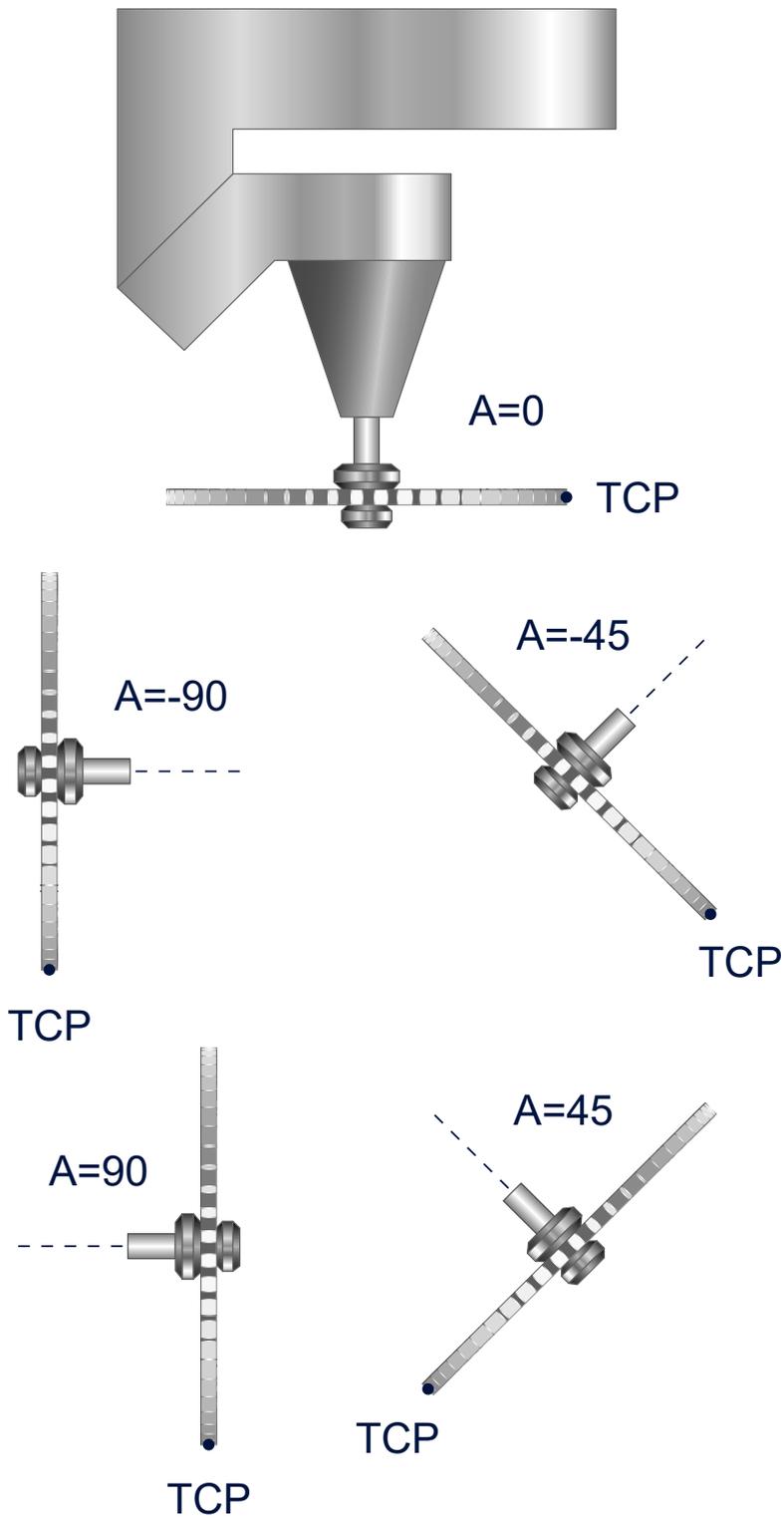


Abb. 73: Winkeldarstellungen – Sägewerkzeug und TCP

**2.29.1.2 Sonderfunktion: Angeflanschter Unterflurfräser**

Zusätzliche Versatzdaten:

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung
HD19	18	C2 Winkel
HD20	19	Steuerflag: 0: Standard Kardan Transformation 1: Utility Funktion zur Berechnung von C2 Winkel mit Unterflurfräser an Spindel angeflanscht mit manuell einstellbarem C2 Winkel.

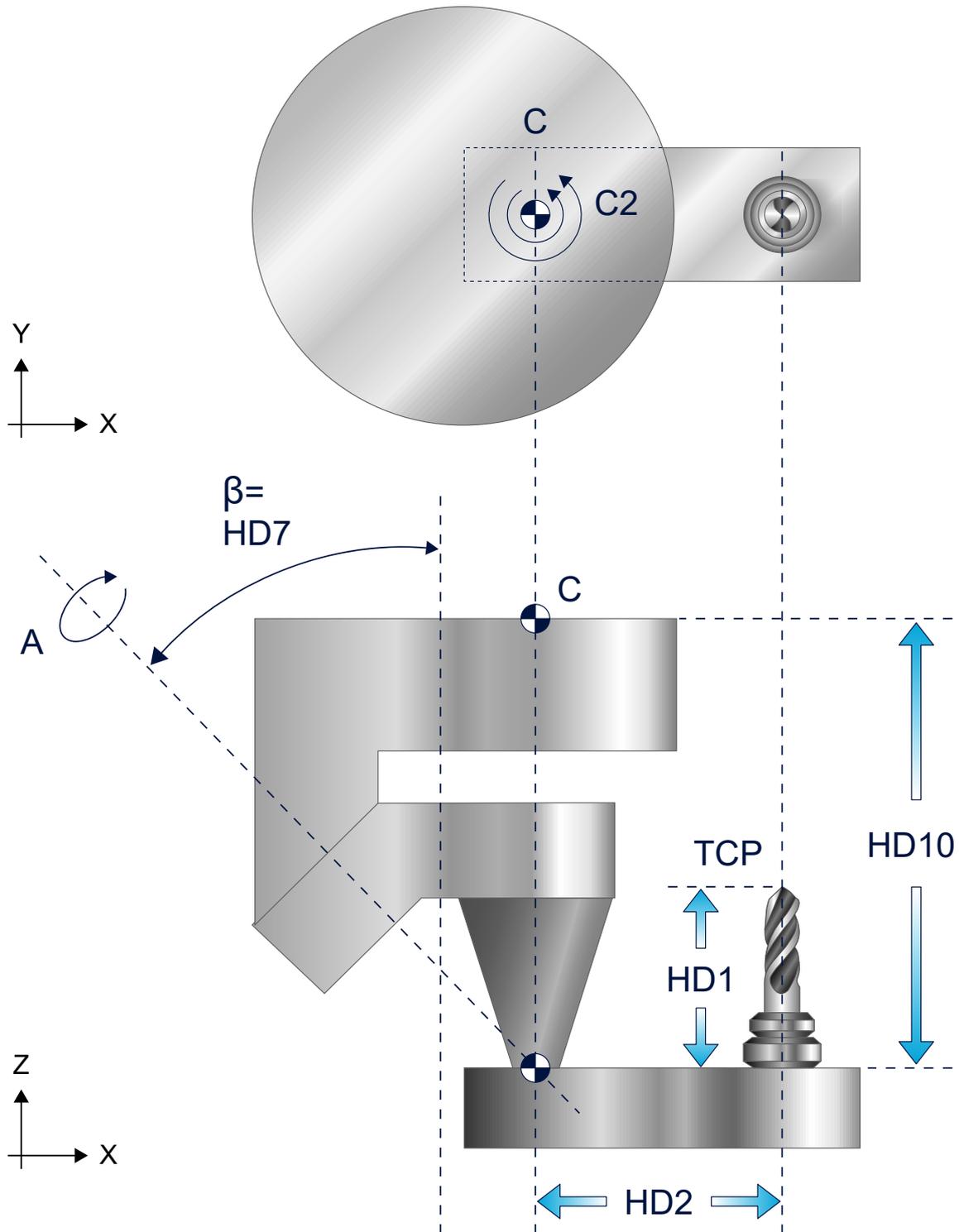


Abb. 74: Kardankopf mit Unterflurfräser

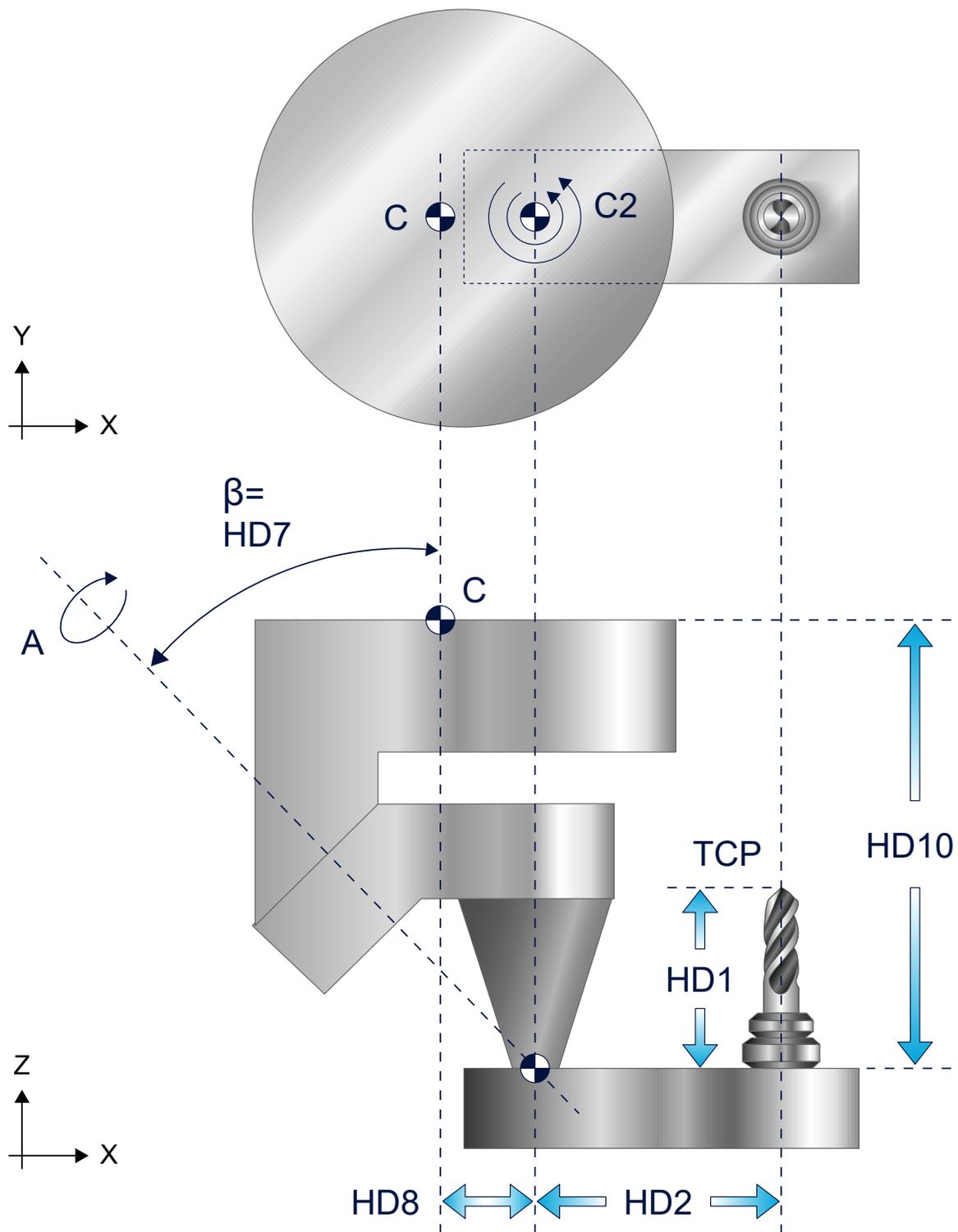


Abb. 75: Kardankopf mit Unterflurfräser mit versetzter C-Achse

## 2.29.2 KIN\_TYP\_60 – Kardankinematik mit C/B-Kopf

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Die B-Achse ist um einen Winkel  $\neq 90$  Grad um die X-Achse gedreht angeordnet, typischerweise liegt der Winkel zwischen 30 und 60 Grad.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z,C,B	-

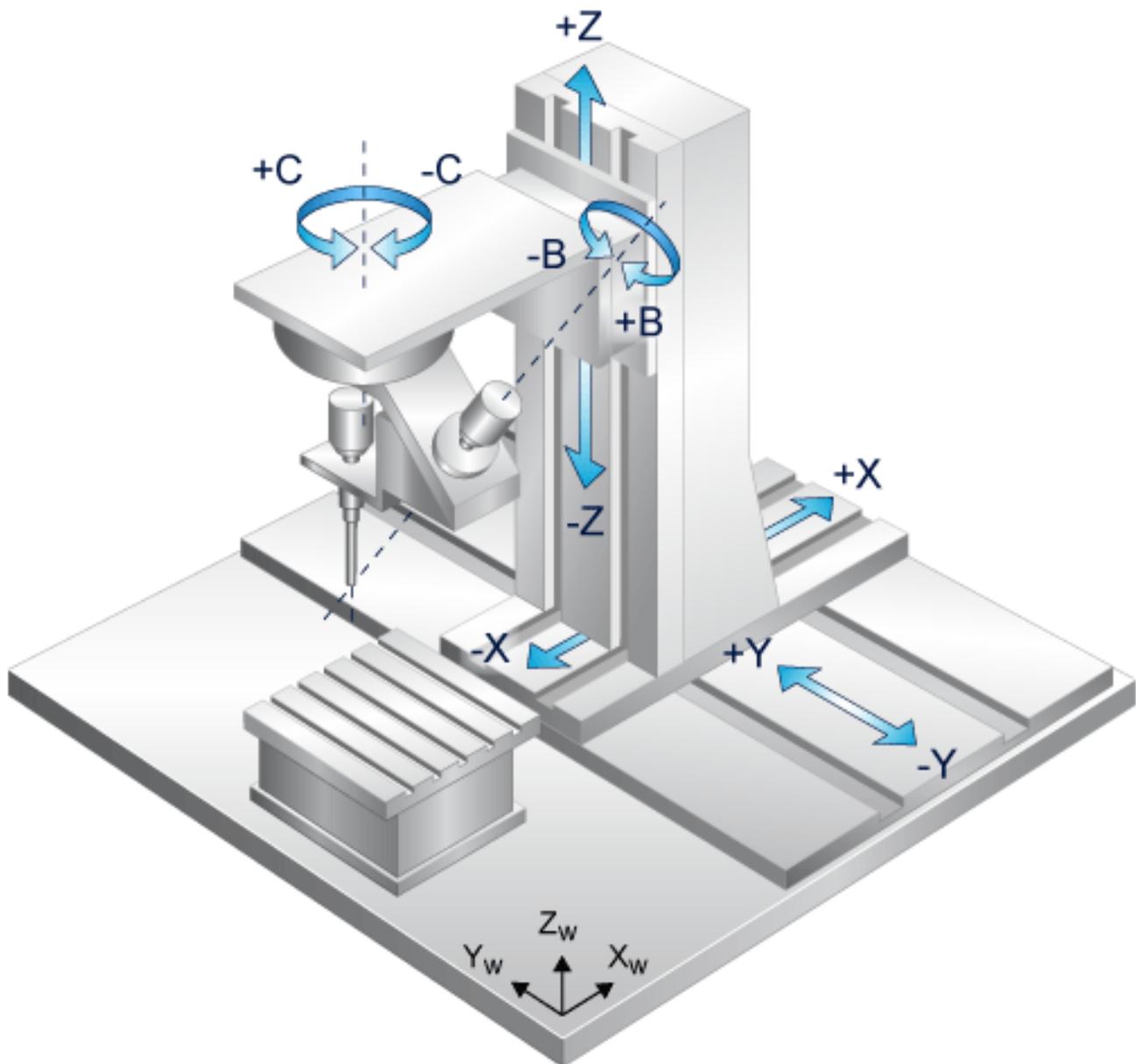


Abb. 76: Kardankinematik mit CB-Kopf

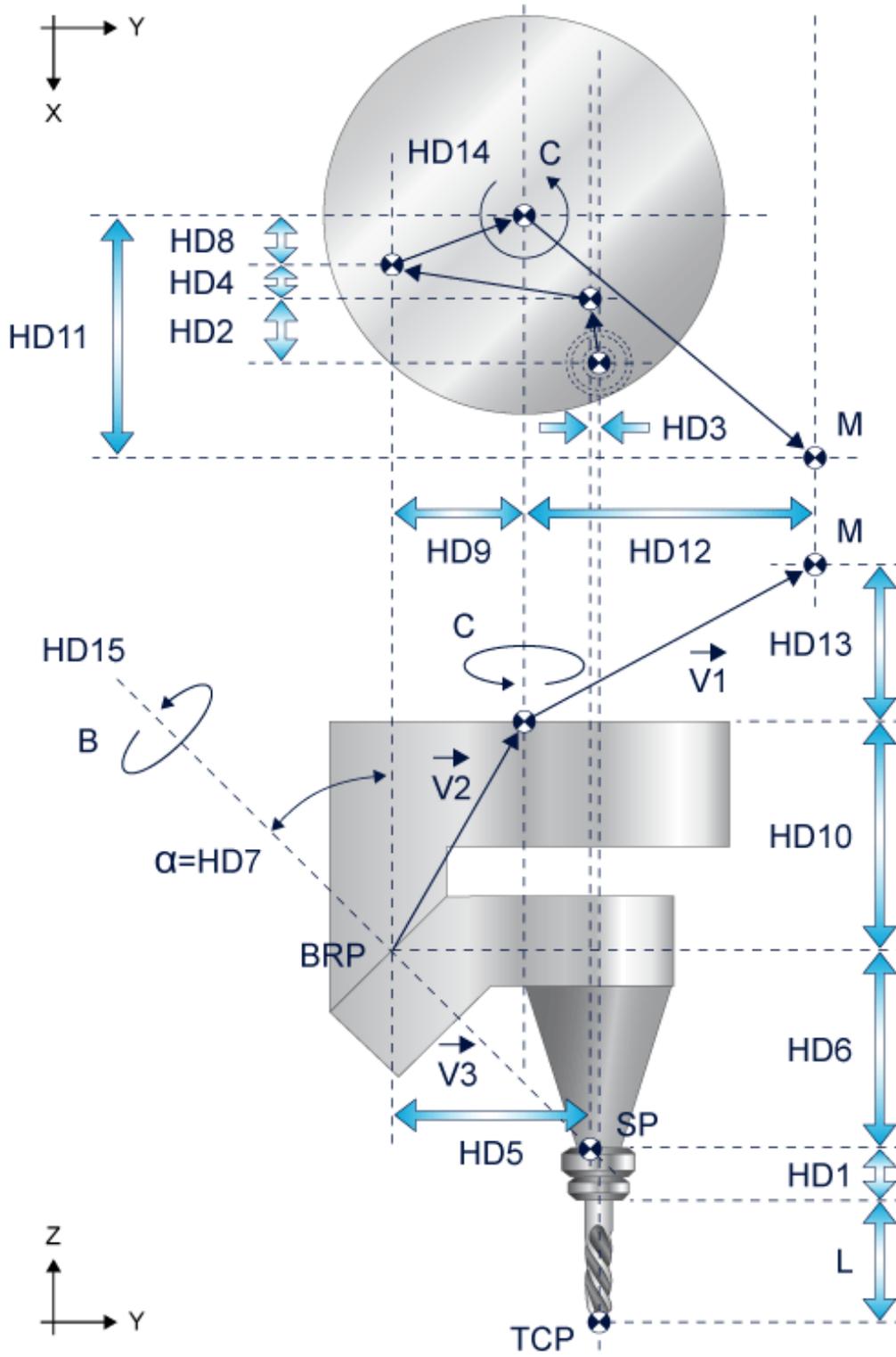


Abb. 77: Versätze des kardanischen CB-5-Achskopfes

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Kompensationspunkt (SP) bis B-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Kompensationspunkt (SP) bis B-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Kompensationspunkt (SP) bis B-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	Winkel zwischen B-Achse und Z-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	X-Versatz B-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Versatz B-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Z-Versatz B-Achse bis C-Achse	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD12	11	Y-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD13	12	Z-Versatz C-Achse bis Maschinenpunkt M	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD21	20	Steuerflag für rotatorische Achsen C und B 0: Transformation von C und B, Standard. 1: C und B sind Maschinenwinkel.	[ - ]

Im Allgemeinen wandert der mit BRP (Rotationspunkt B-Achse) bezeichnete Bezugspunkt in den Bezugspunkt SP d.h. der Vektor V3 ist 0 und der Punkt SP liegt in der Werkzeugachse, die sich mit der C-Drehachse deckt. In diesem Fall sind dann nur die Parameter L, HD1, HD7 und HD10 erforderlich.

Die Kinematik kann einen B-Raumwinkel von maximal  $2 \cdot \text{HD7}$  umsetzen.

(\*) Die rotatorischen Offsets HD14 und HD15 wirken nur auf das interne Kinematikmodell d.h. diese Offsets führen nicht zu einer Neupositionierung des Kardankopfes wie bei einer rotatorischen NPV und Programmierung einer Winkelposition.

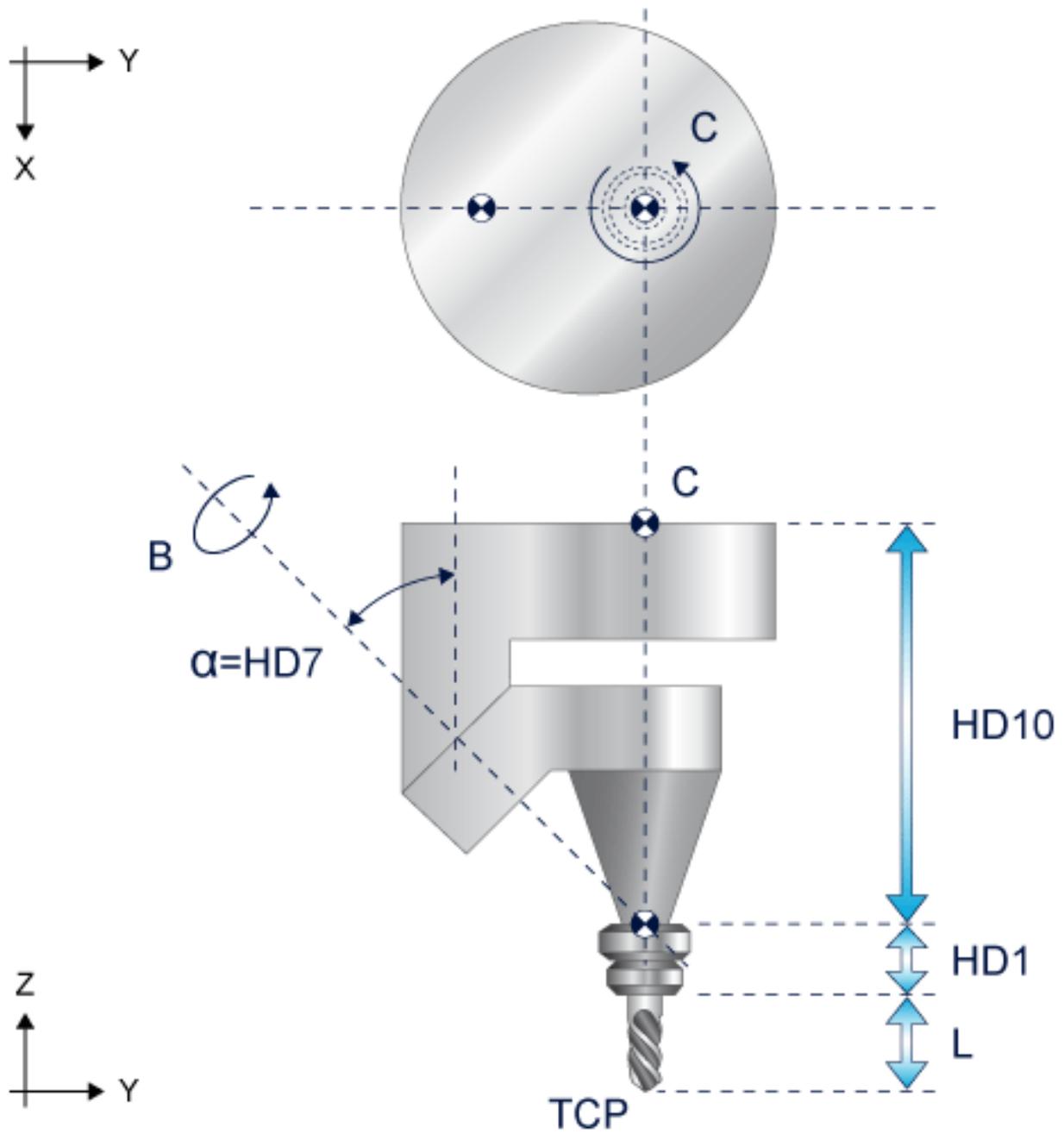


Abb. 78: Kardankopf bei idealer Kopfgeometrie (Schnittpunkt C-B-Achse liegt in Werkzeugachse)

## 2.30 KIN\_TYP\_61 – Fünffachs-Kinematik mit Y/A-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus je einer translatorischen und rotatorischen NC-Achse im Werkstück und 2 translatorischen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Z, B	Y, A

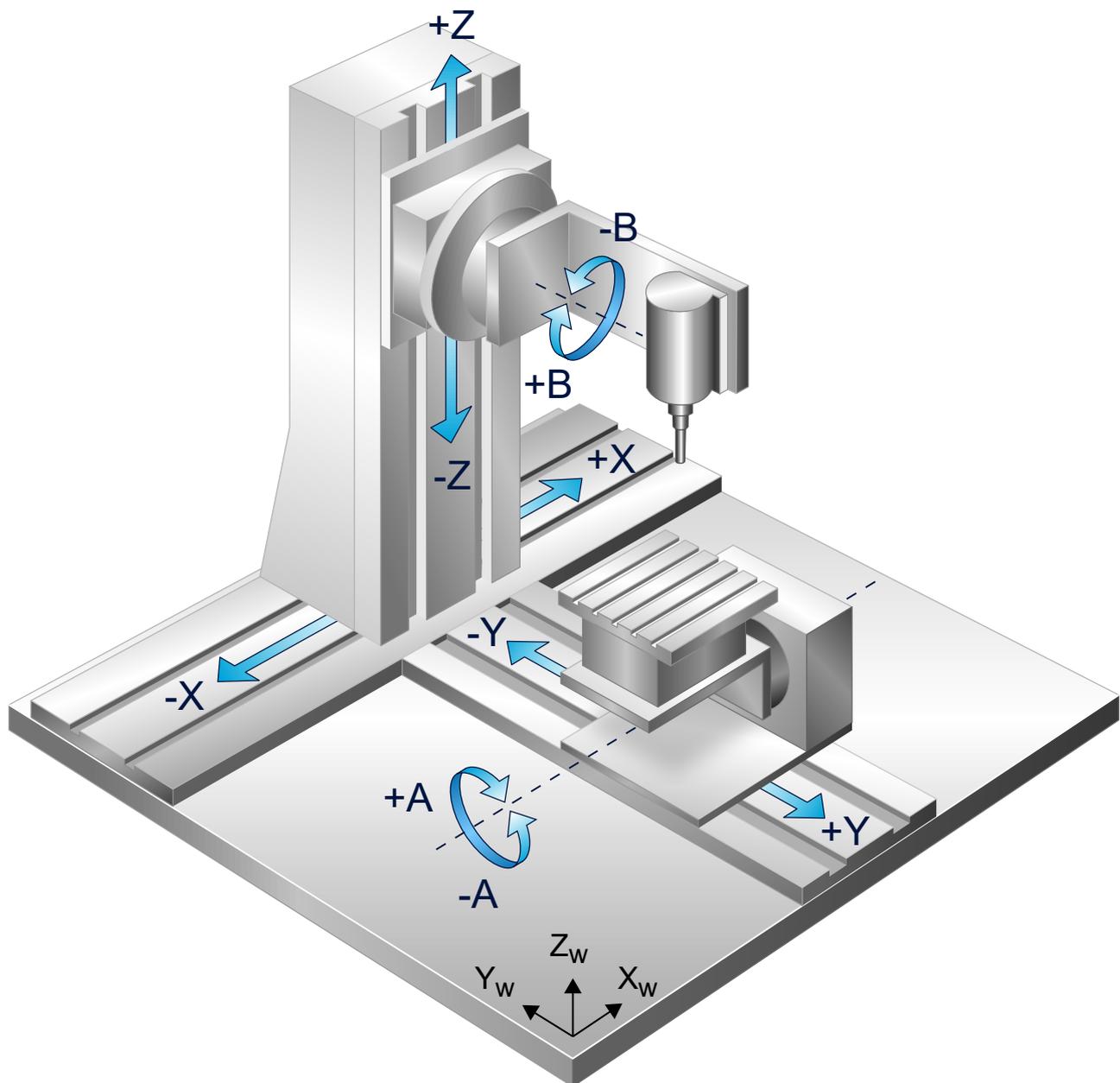


Abb. 79: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

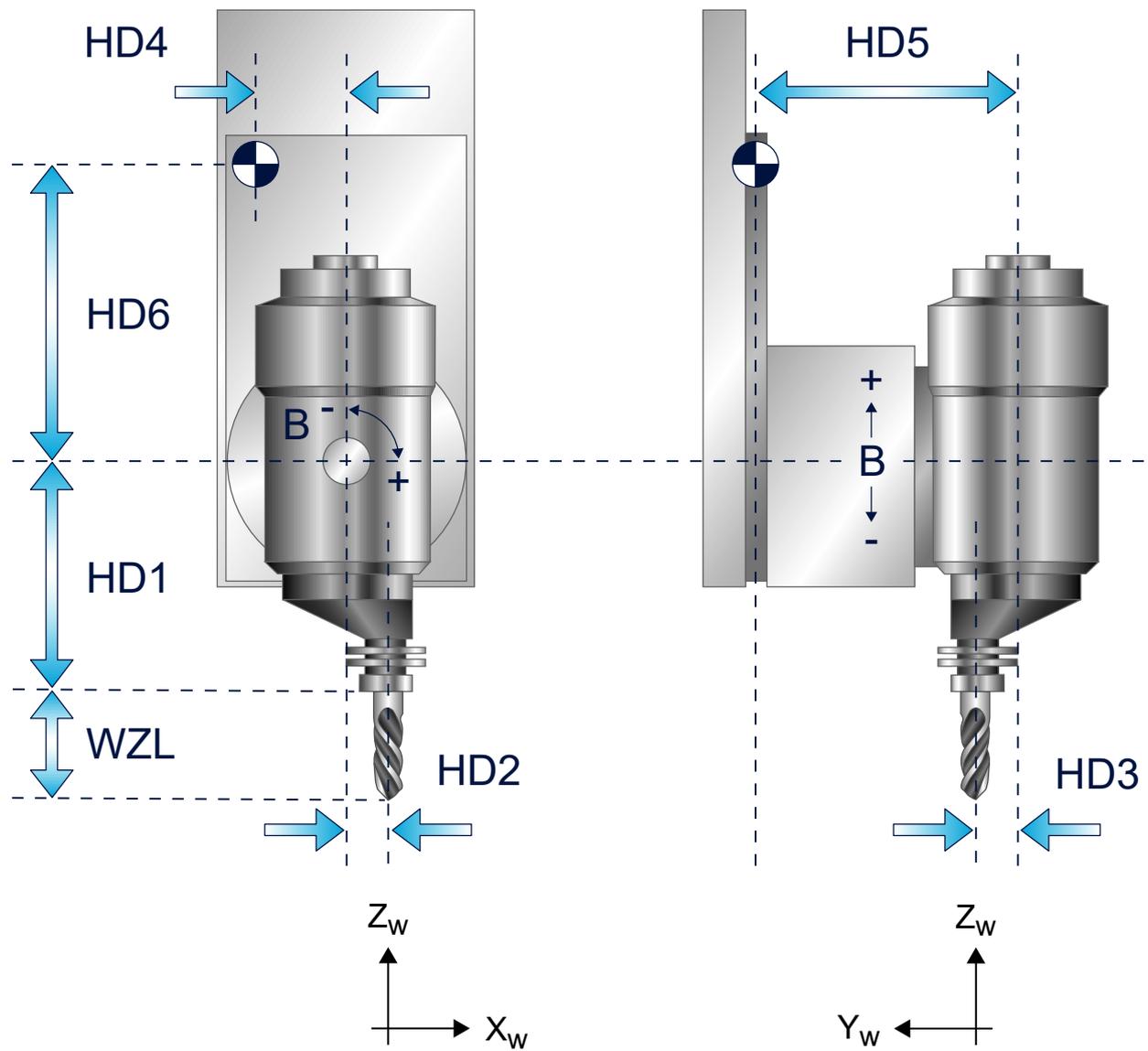


Abb. 80: Versätze Werkzeugkopf

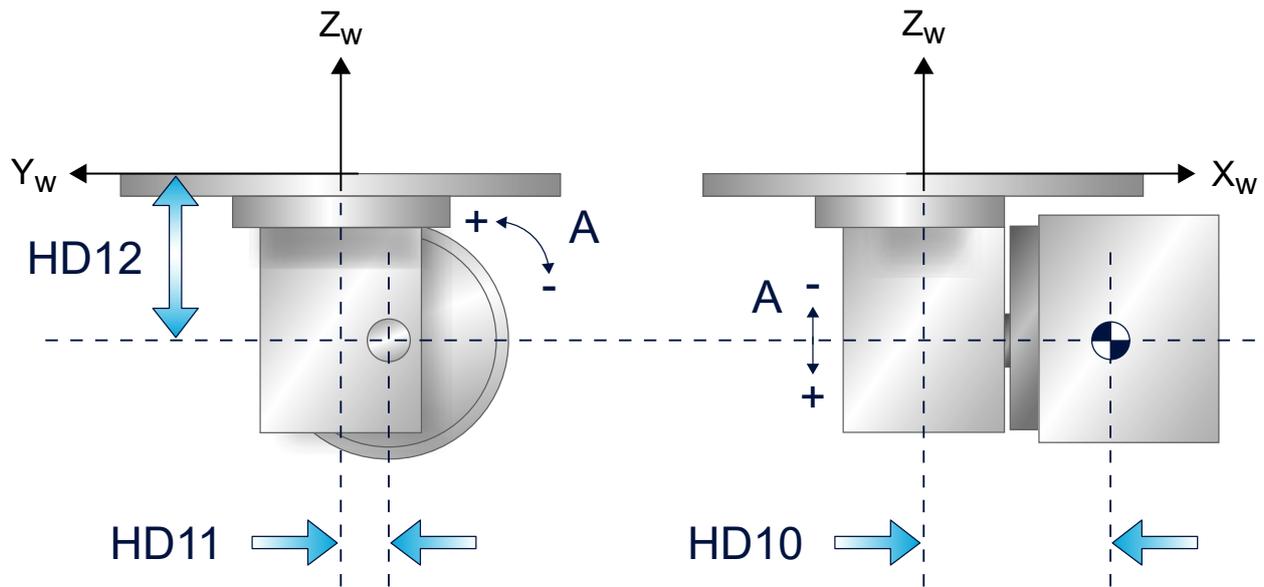


Abb. 81: Versätze Werkstückträger

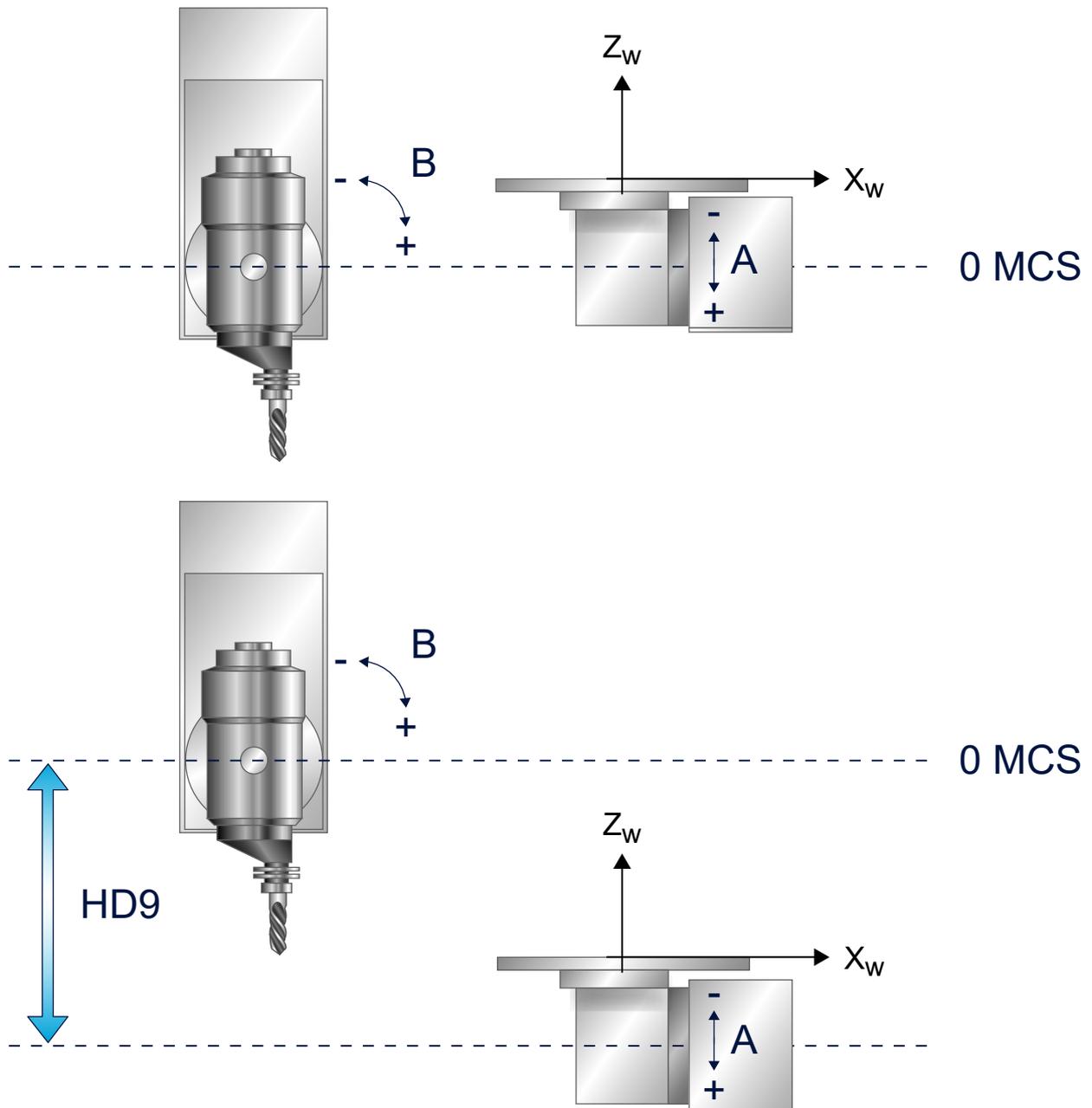


Abb. 82: Ideale und reale z- Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse A im Werkstück und Drehachse B im Werkzeug in einem Punkt. Die Maschinenachspalten des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Real können diese Achspalten bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD7, HD8, HD9 berücksichtigt werden.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ Drehpunkt B-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ Drehpunkt B-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz WZ Drehpunkt B-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bezugspunkt des Werkzeugschlittens	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bezugspunkt des Werkzeugschlittens	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Drehpunkt B-Achse bis Bezugspunkt des Werkzeugschlittens	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz A-Drehachse zu Nullpunkt WKS	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz A-Drehachse zu Nullpunkt WKS	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz A-Drehachse zu Nullpunkt WKS	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungs-Flag A-Achse	[ - ]
HD16	15	Drehrichtungs-Flag B-Achse	[ - ]
HD17	16	X- Nullpunktverschiebung im WKS	1.0 E-4 mm
HD18	17	Y-Nullpunktverschiebung im WKS	1.0 E-4 mm
HD19	18	Z-Nullpunktverschiebung im WKS	1.0 E-4 mm

## 2.31 KIN\_TYP\_63 – Fünfachs-Kinematik mit X/Y/B-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus je einer translatorischen und rotatorischen NC-Achse im Werkstück und 2 translatorischen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Die Transformation unterstützt zusätzliche Versatzparameter bei nicht symmetrischem Aufbau und ersetzt die vorhandene Struktur unter KIN\_TYP\_23.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	Z, A	X, Y, B

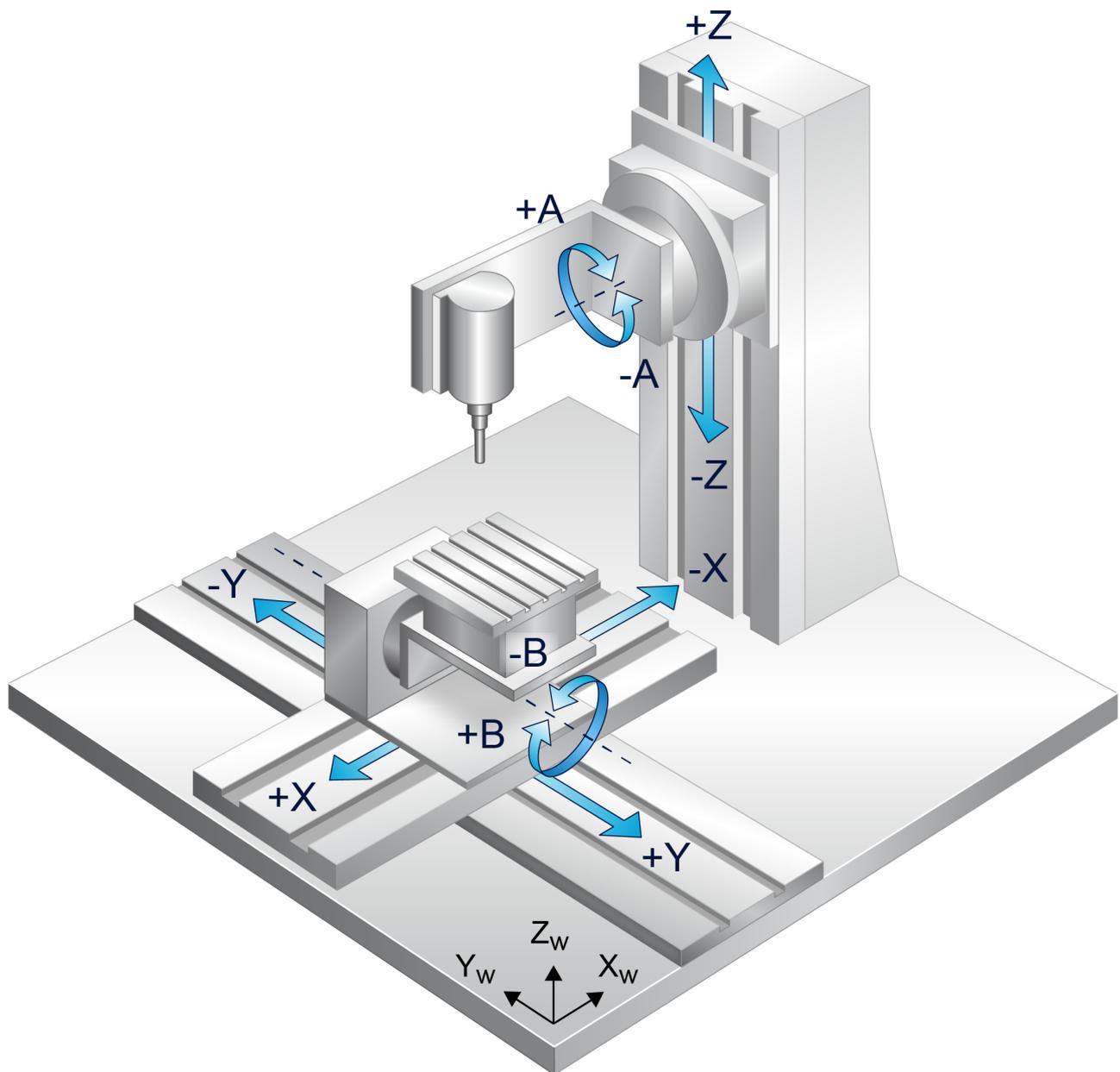


Abb. 83: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

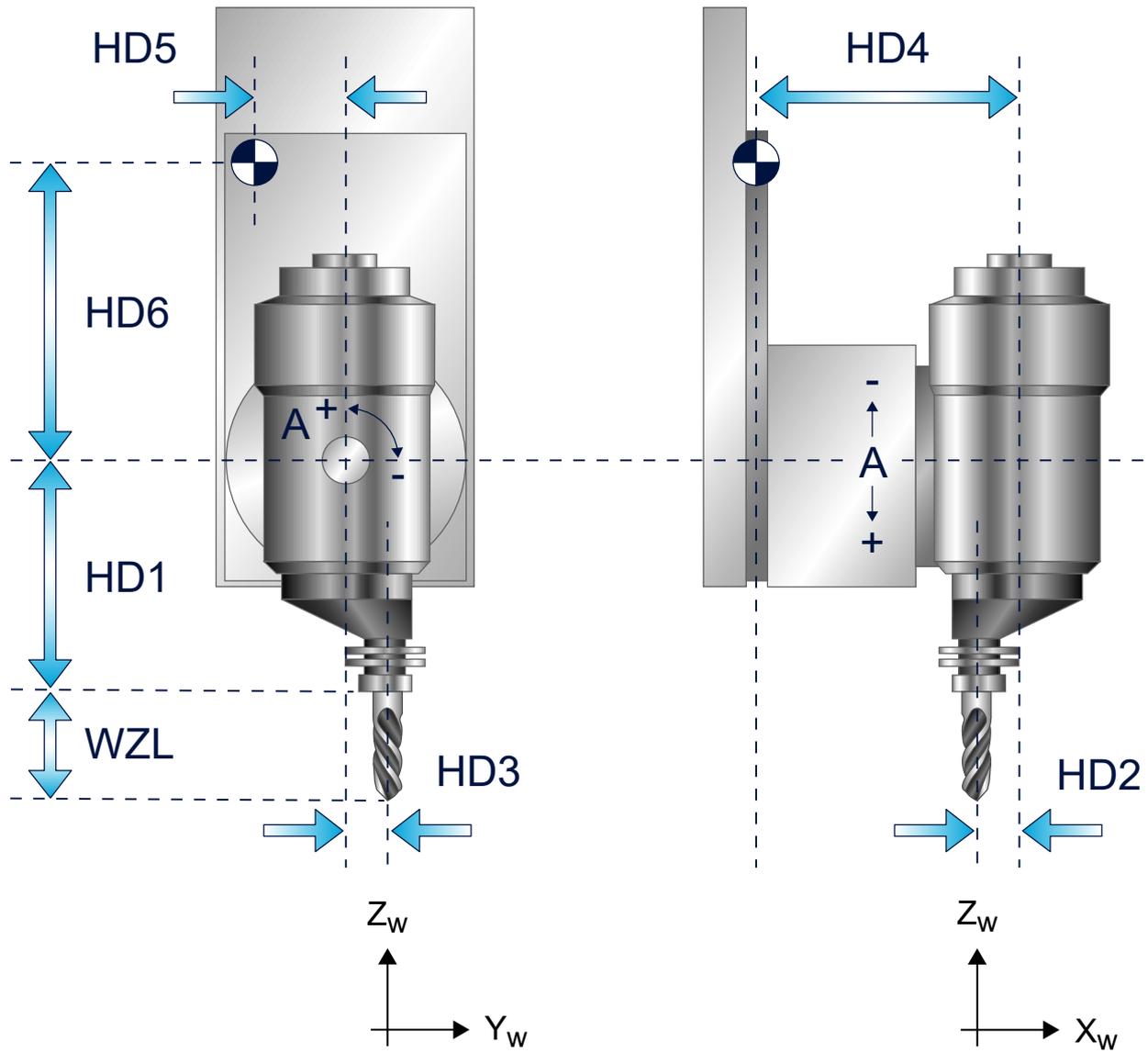


Abb. 84: Versätze Werkzeugkopf

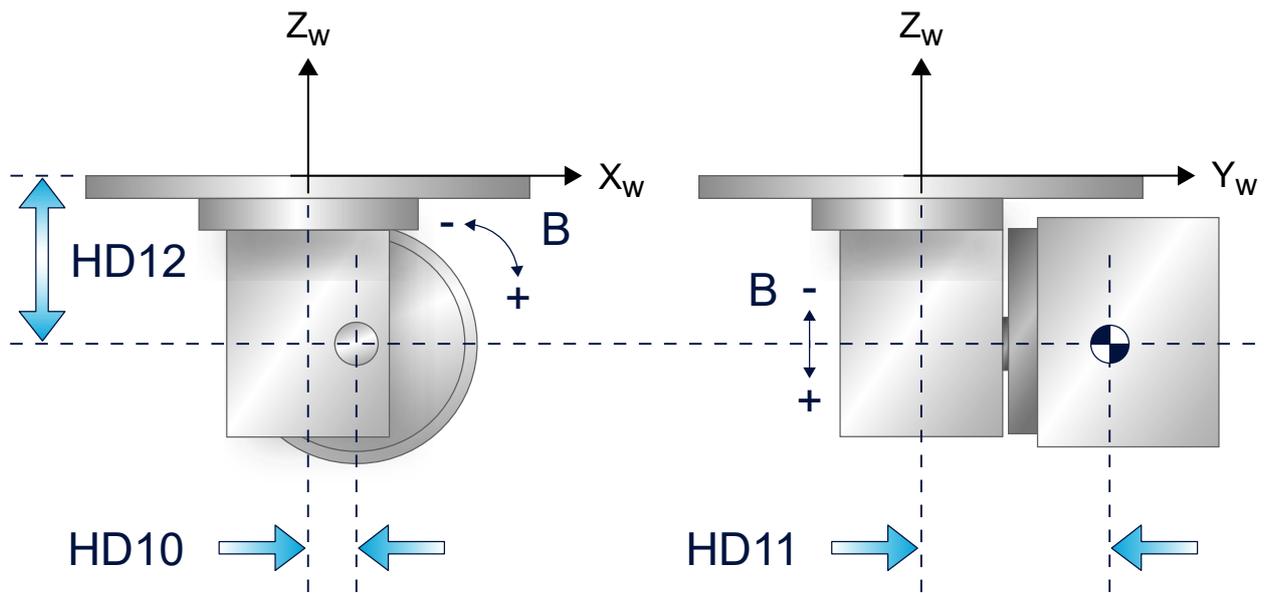


Abb. 85: Versätze Werkstückträger

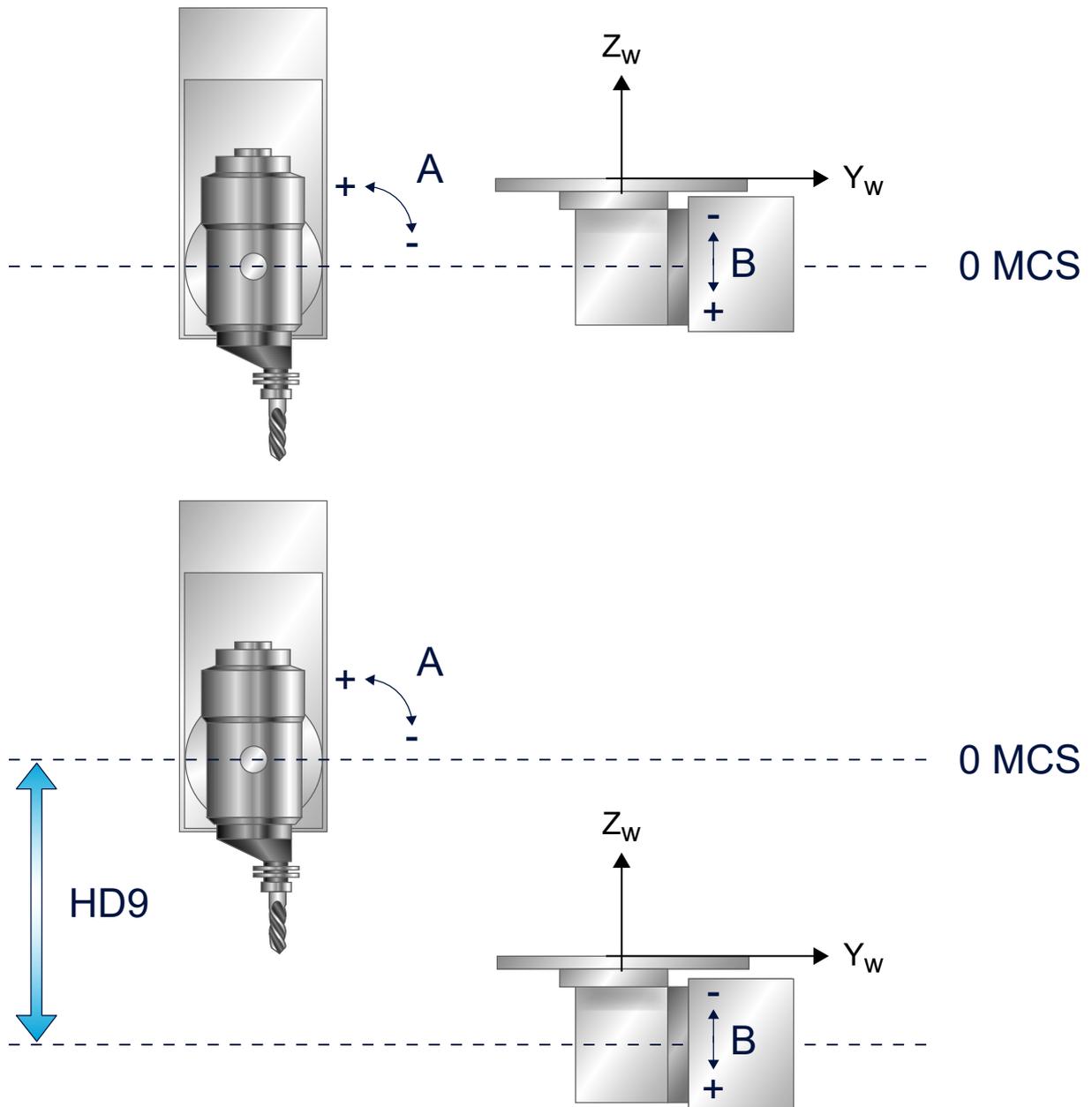


Abb. 86: Ideale und reale Z-Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse B im Werkstück und Drehachse A im Werkzeug in einem Punkt. Die Maschinenachspaltenpositionen des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Real können diese Achspaltenpositionen bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD7, HD8, HD9 berücksichtigt werden.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ Drehpunkt A-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ Drehpunkt A-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz WZ Drehpunkt A-Achse bis Einspannpunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bezugspunkt des Werkzeugschlittens	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bezugspunkt des Werkzeugschlittens	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Drehpunkt A-Achse bis Bezugspunkt des Werkzeugschlittens	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz B-Drehachse zu Nullpunkt WKS	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz B-Drehachse zu Nullpunkt WKS	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz B-Drehachse zu Nullpunkt WKS	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungs-Flag A-Achse	[ - ]
HD16	15	Drehrichtungs-Flag B-Achse	[ - ]
HD17	16	X- Nullpunktverschiebung im WKS	1.0 E-4 mm
HD18	17	Y-Nullpunktverschiebung im WKS	1.0 E-4 mm
HD19	18	Z-Nullpunktverschiebung im WKS	1.0 E-4 mm

## 2.32 KIN\_TYP\_64 – Sechssachs-Kinematik mit C/A/C-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug und 3 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C1, A, C2	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	C1, A, C2

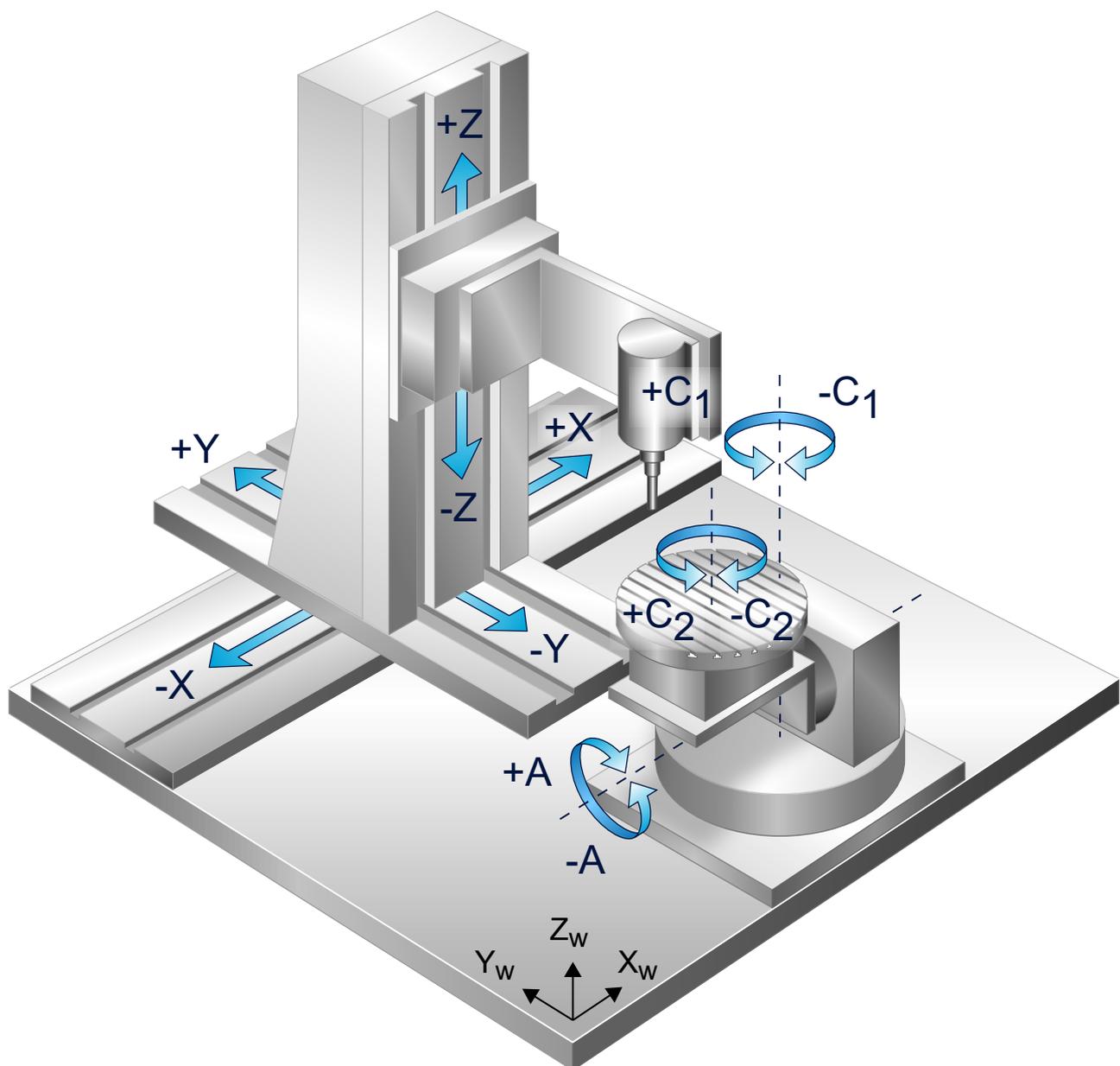


Abb. 87: Kinematische Struktur der sechssachsigen Maschine mit CAC Werkstücktisch

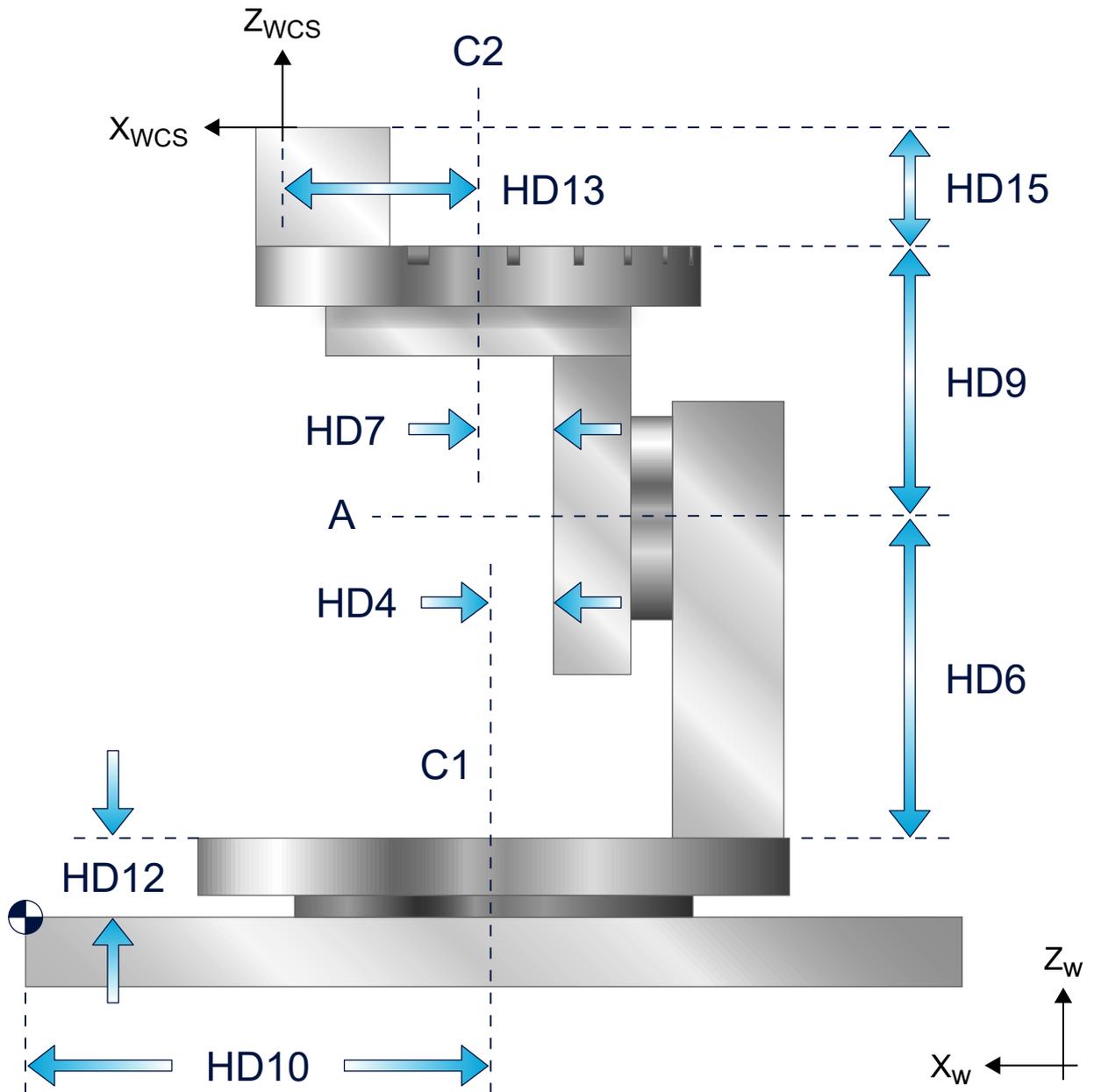


Abb. 88: Parameter des CAC Werkstücktischs in X/Z Darstellung

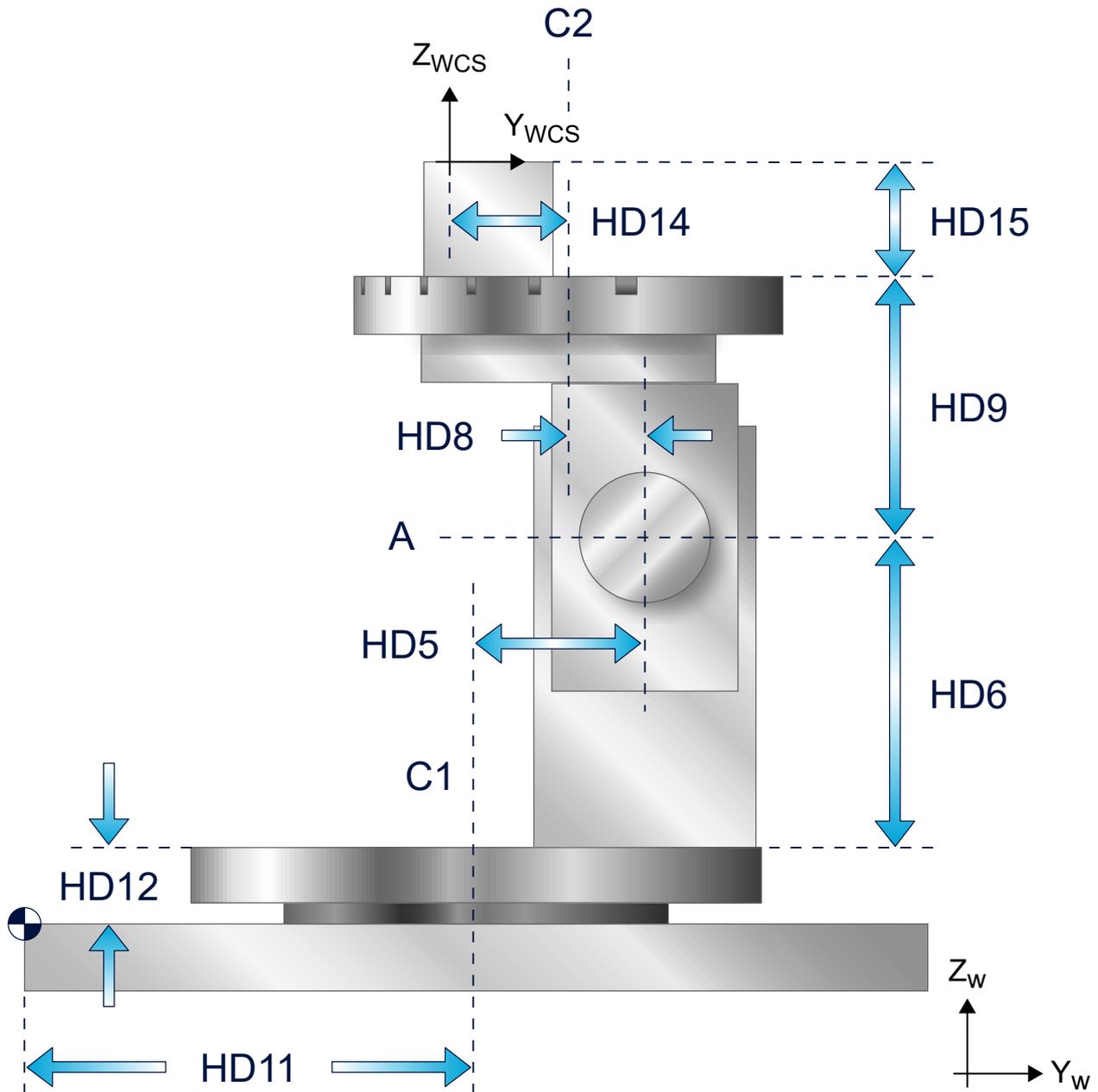


Abb. 89: Parameter des CAC Werkstücktische in Y/Z Darstellung

Den Maschinennullpunkt legt man typischerweise in die Drehachse C1. Bei Bedarf kann er über die Parameter HD10..HD12 verschoben werden. Abweichende Nullstellungen der rotatorischen Achsen C1 und A bzw. A und C2 können über die Parameter HD4..HD9 so eingestellt werden, dass das interne kinematische Modell mit der realen Maschinenkinematik übereinstimmt. Ebenso können abweichende Drehrichtungen der Achsen C1, A und C2 über die Parameter HD16..HD18 eingestellt werden. Im Allgemeinen sind dann auch die Vorzeichen von Soll- und Istgrößen in den Achsparametern entsprechend anzupassen.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Achsversatz Einspannpunkt zu Bezugspunkt Werkzeugschlitten SBP	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse C1 zu Drehachse A, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse C1 zu Drehachse A, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse C1 zu Drehachse A, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C2, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C2, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse C2, NP WCS	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C1	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C1	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse C1	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Versatz Werkstück KS	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Versatz Werkstück KS	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Versatz Werkstück KS	1.0 E-4 mm
HD16	15	Rotatorischer Offset C1 Achse	1.0 E-4°
HD17	16	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD18	17	Rotatorischer Offset C2 Achse	1.0 E-4°
HD19	18	Drehrichtungsflag C1-Achse	[ - ]
HD20	19	Drehrichtungsflag A-Achse	[ - ]
HD21	20	Drehrichtungsflag C2-Achse	[ - ]

## 2.33 KIN\_TYP\_70 – Fünffachs-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. Bei dieser Kinematik kann die Werkzeugkopffrotation um Z bei nicht achsparalleler Ausrichtung des BA-Drehkopfes eingestellt werden. Eine virtuelle Achse CV dient zur Beeinflussung der Werkzeugorientierung.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, A, CV	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, A, CV	-

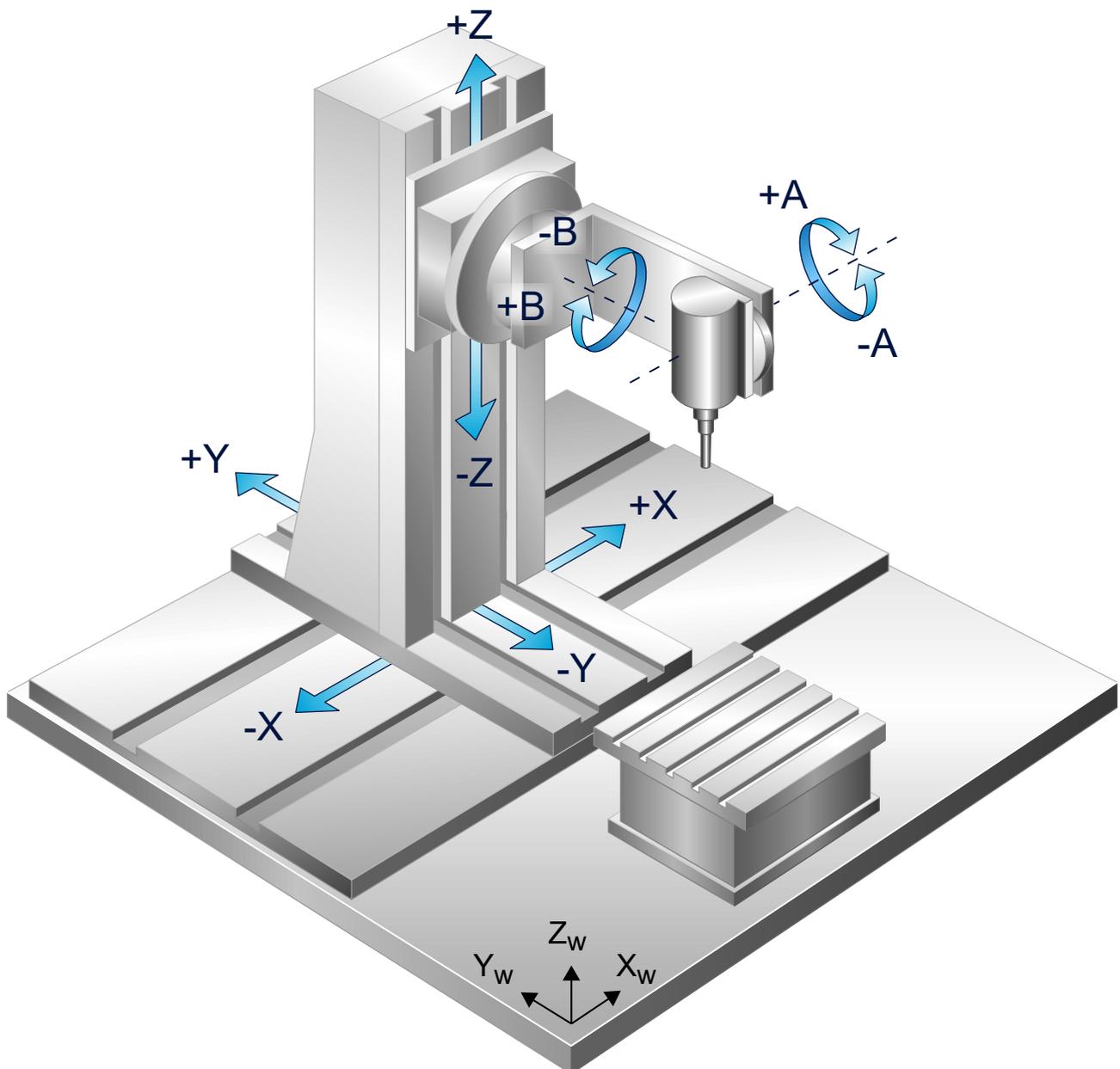


Abb. 90: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

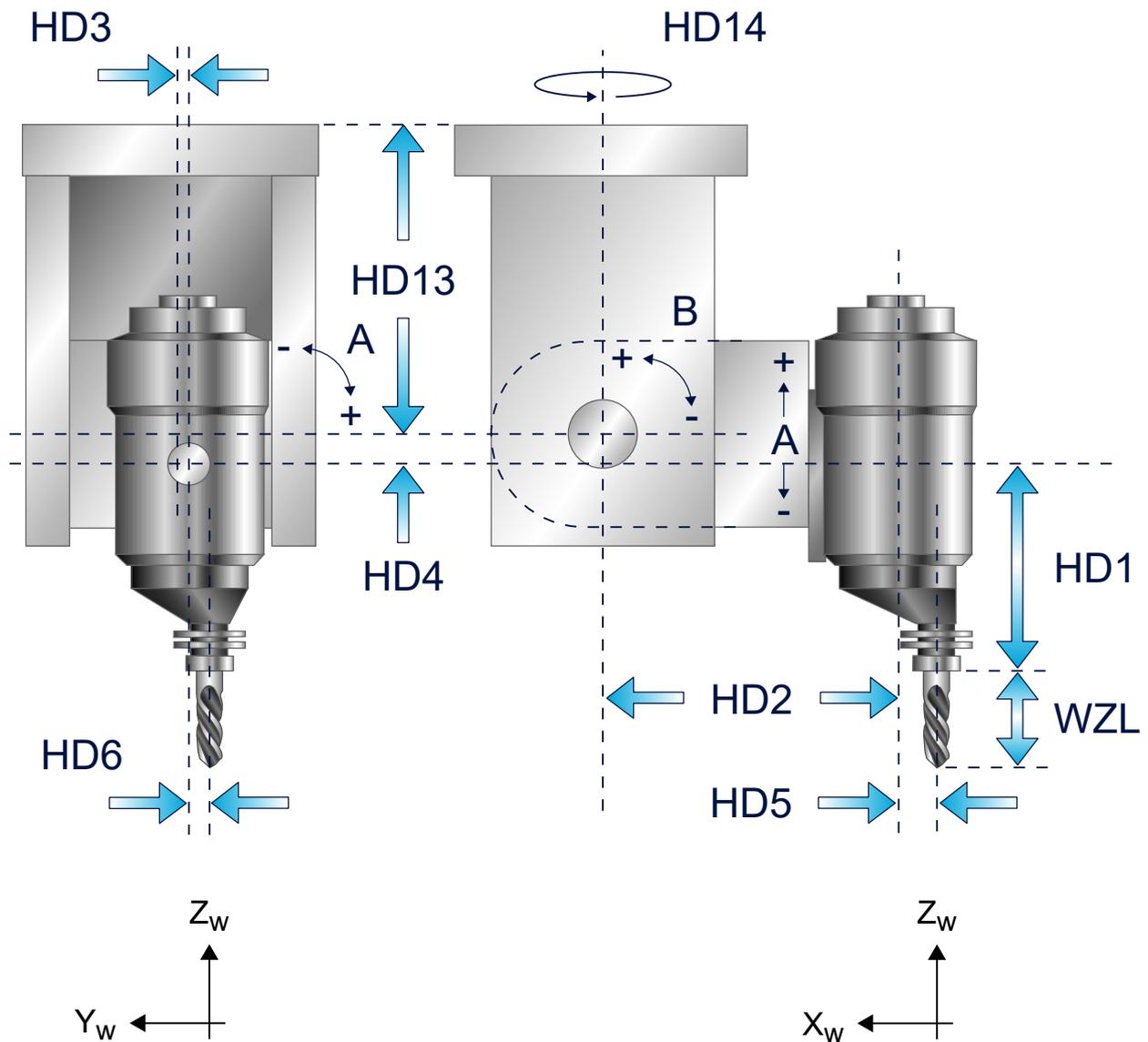


Abb. 91: Parameter des Werkzeugkopfes

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Einspannpunkt des Werkzeugs	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Versatz	1.0 E-4 mm
HD5	4	X-Versatz	1.0 E-4 mm
HD6	5	Y-Achsversatz WZ	1.0 E-4 mm
HD7	6	Rotatorischer Versatz A-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	Rotatorischer Versatz B-Achse	1.0 E-4°
HD9	8	Vorzeichen Drehrichtung A-Achse	[ - ]
HD10	9	Vorzeichen Drehrichtung B-Achse	[ - ]
HD14	13	Rotatorischer Versatz um Z (Kopflage)	1.0 E-4°

## Draufsicht

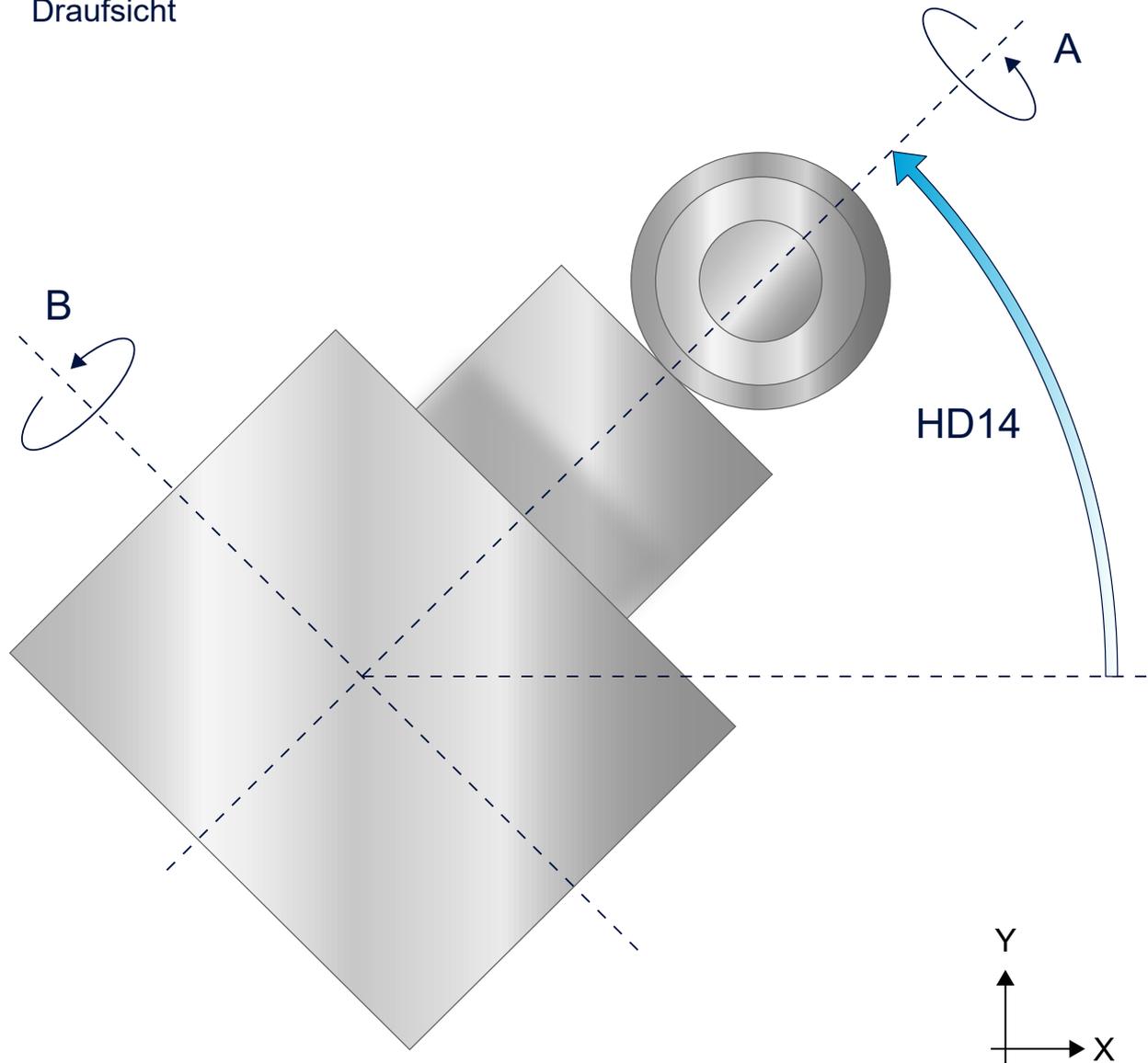


Abb. 92: Winkeloffset des Dreh-Schwenkkopfes

Die CV-Achse ist keine physikalisch real vorhandene Achse der kinematischen Struktur. Die CV-Achse führt eine Drehung des Werkzeugrichtungsvektors um Z aus, d.h. die Winkel A und B werden abhängig von CV berechnet. Eine Anwendung kann z. B. die Normalausrichtung einer Komponente der XY Werkzeugrichtung zur programmierten Kontur sein. Dazu ist diese Achse als Simulationsachse einzustellen und kann dann wie gewohnt im NC-Programm angesprochen werden.

Der zulässige Winkelbereich der Achsen A und B liegt im Bereich  $\pm 90$  Grad.

## 2.34 KIN\_TYP\_76 – Fünffachs-Kinematik mit MTCP-Schrägwinkelkopf

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug. A- und B-Achse sind um einen Winkel  $\neq 90$  Grad um die Y-Achse gedreht angeordnet. Durch den konstruktiven Aufbau ist der TCP mechanisch kompensiert (MTCP). Bei Bedarf kann zusätzlich eine WZ-Länge eingestellt werden, dies führt dann allerdings zu entsprechenden Ausgleichsbewegungen in den kartesischen Achsen.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, C, A	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z,A,B	-

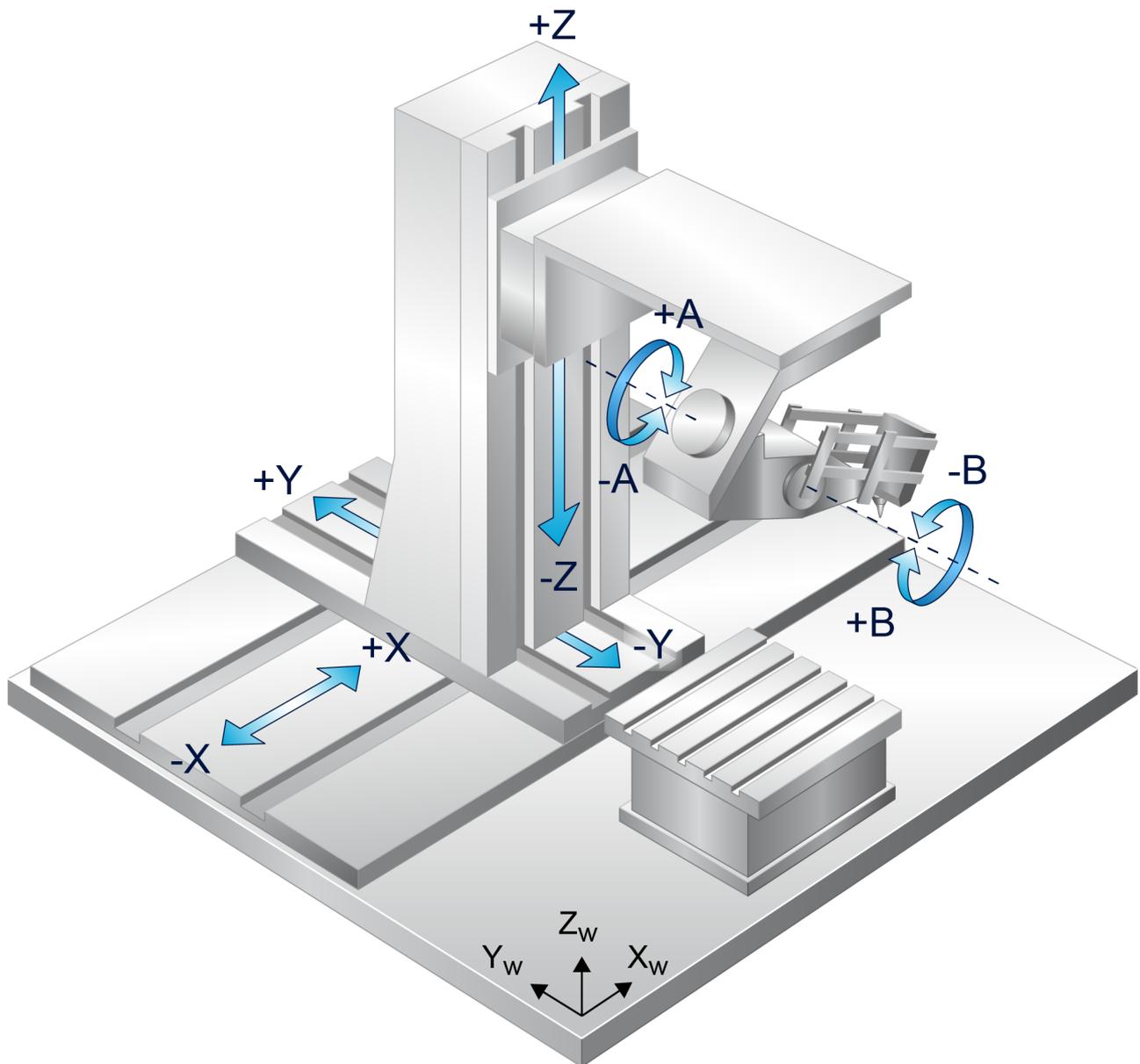


Abb. 93: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

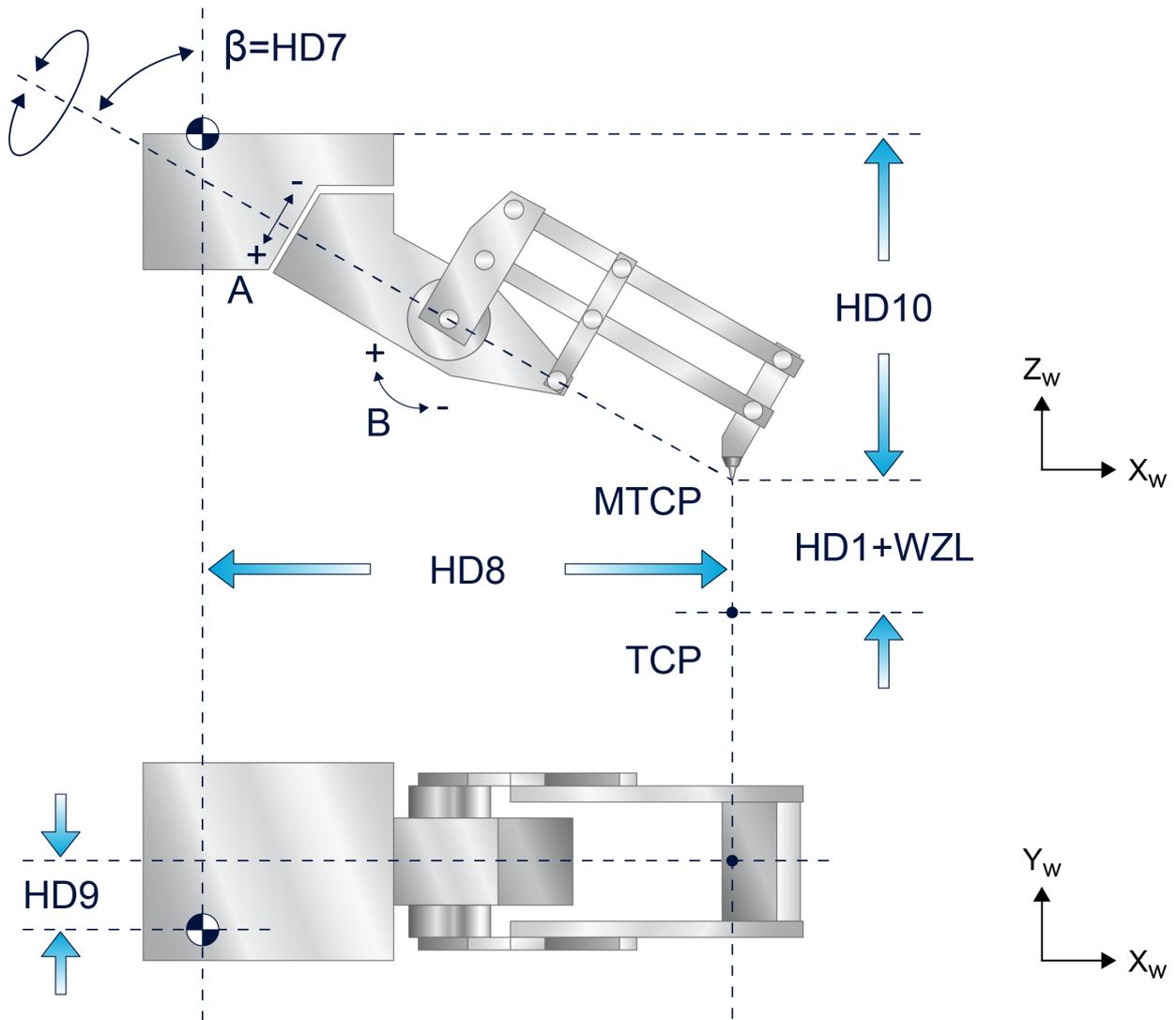


Abb. 94: Parameter des Werkzeugkopfes

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz bis Einspannung WZ	1.0 E-4 mm
HD6	5	Winkeloffset zwischen kartesischem MCS und Schneidkopf KS	1.0 E-4°
HD7	6	Winkel zwischen A-Achse und Z-Achse	1.0 E-4°
HD8	7	X-Versatz MTCP zu Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD9	8	Y-Versatz MTCP zu Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD10	9	Z-Versatz MTCP zu Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm

Die Programmierung der Werkzeugorientierung erfolgt über die Drehwinkel C und A mit Drehsequenz in der aufgeführten Reihenfolge. Bei HD6 = 65 Grad liegt die maximale Winkelstellung im Bereich von ca. +-60 Grad.

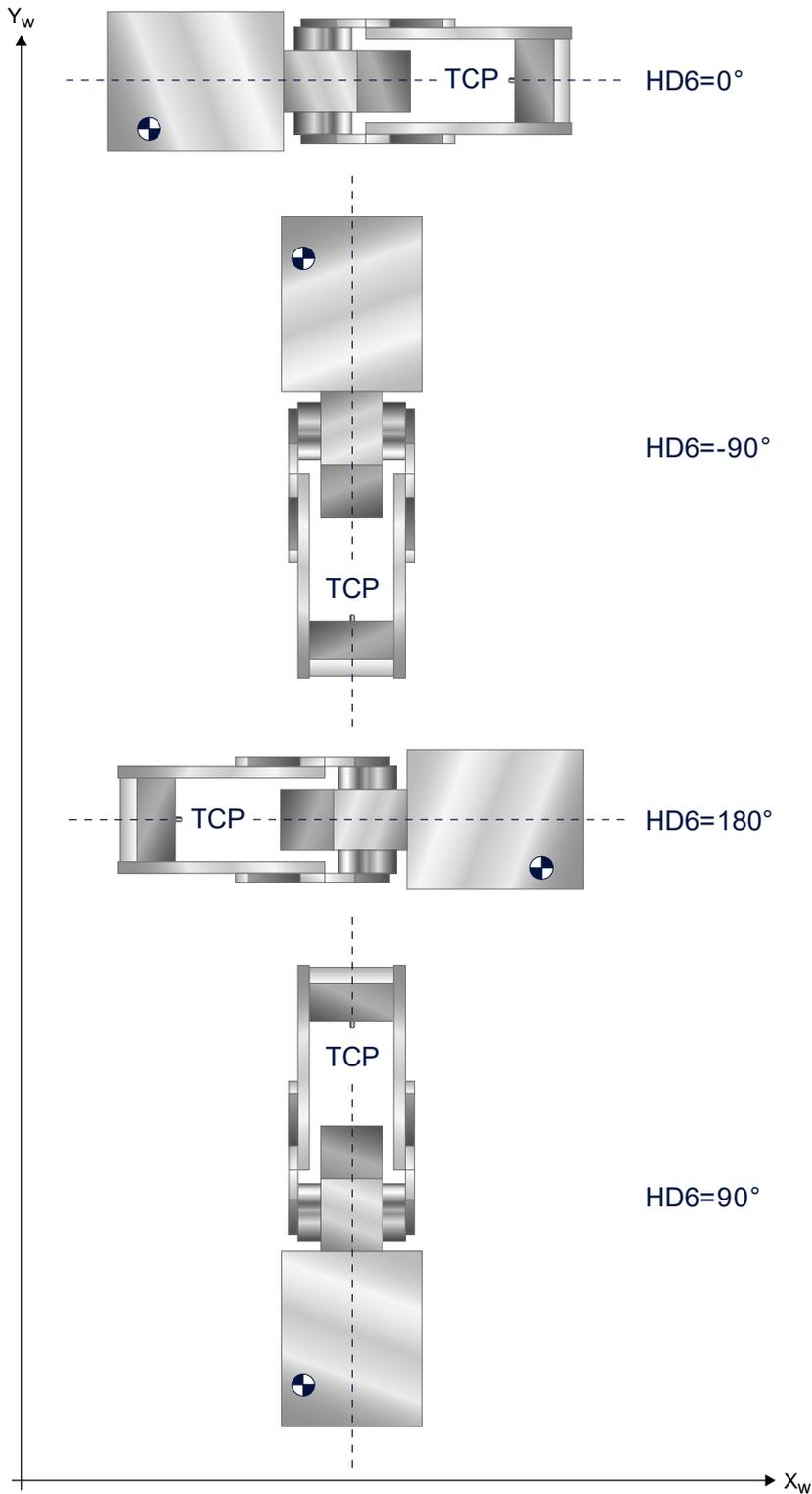


Abb. 95: Winkeloffset des Fasenkopfes bzgl. Montage

Die Orientierung des Fasenkopfes bezogen auf das kartesische Maschinenkoordinatensystem kann über den Parameter HD6 eingestellt werden.

## 2.35 KIN\_TYP\_80 – Fünffachs-Kinematik mit A/B-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, A, B	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	A, B

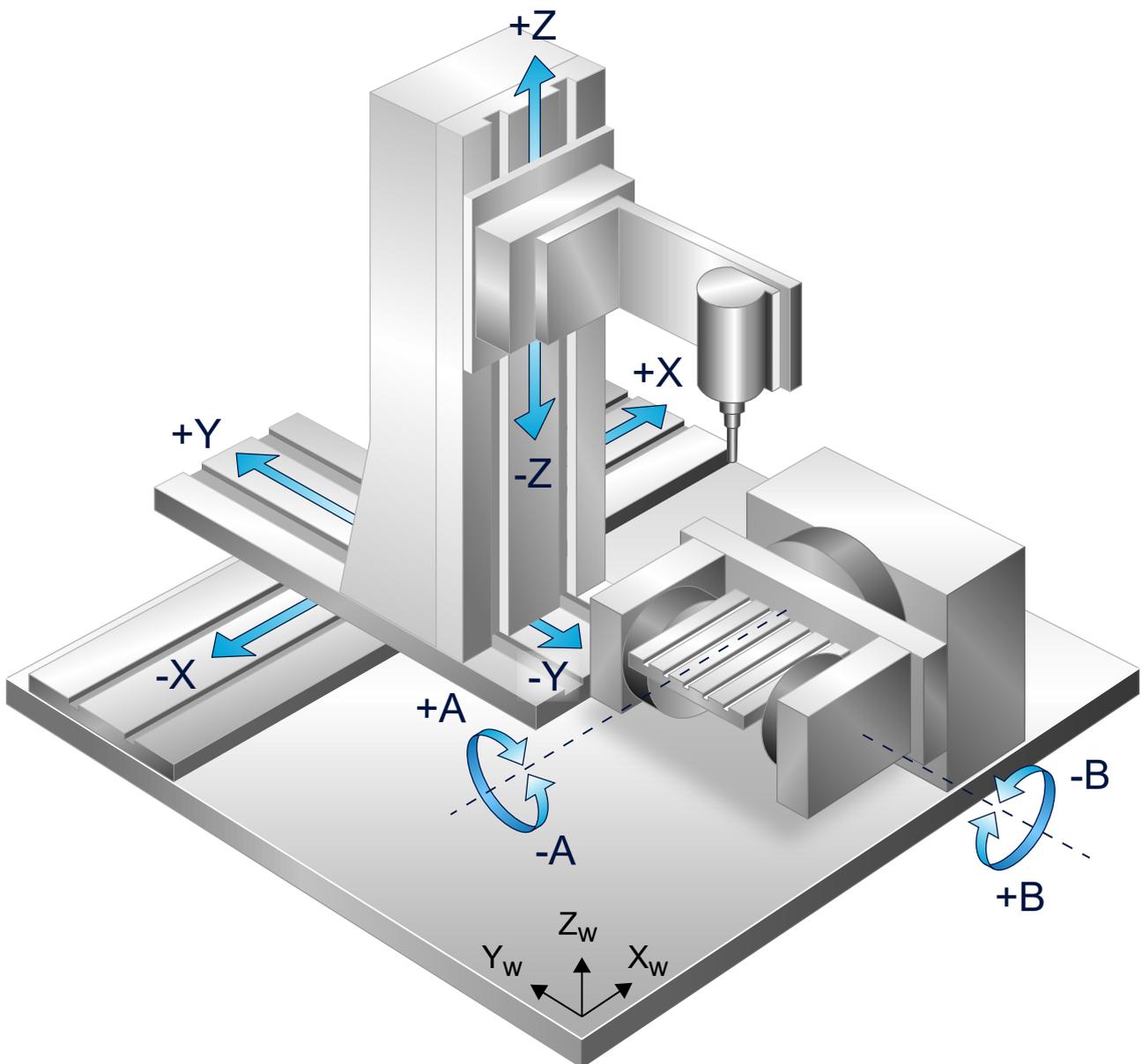


Abb. 96: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

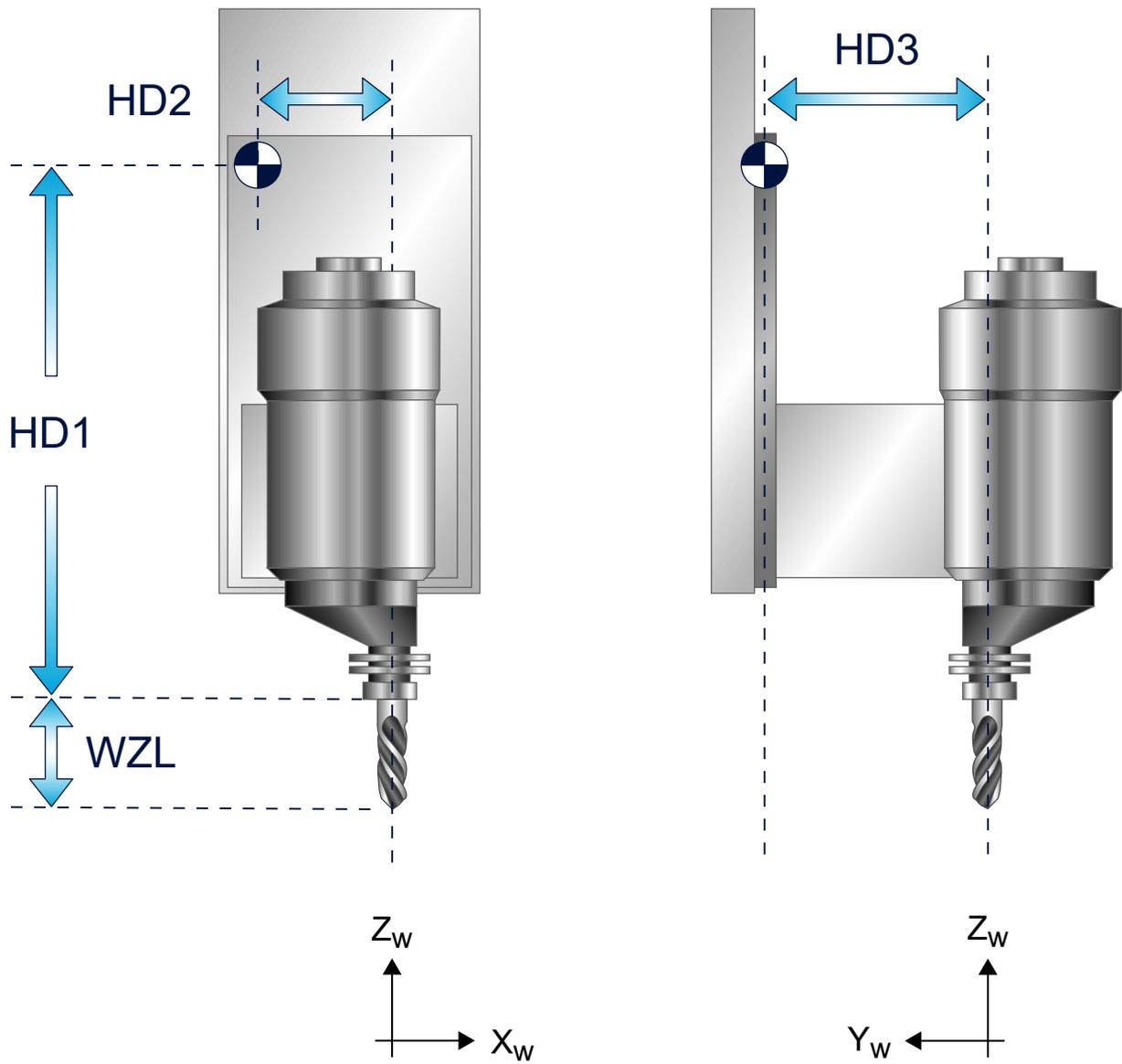


Abb. 97: Versätze Werkzeugkopf

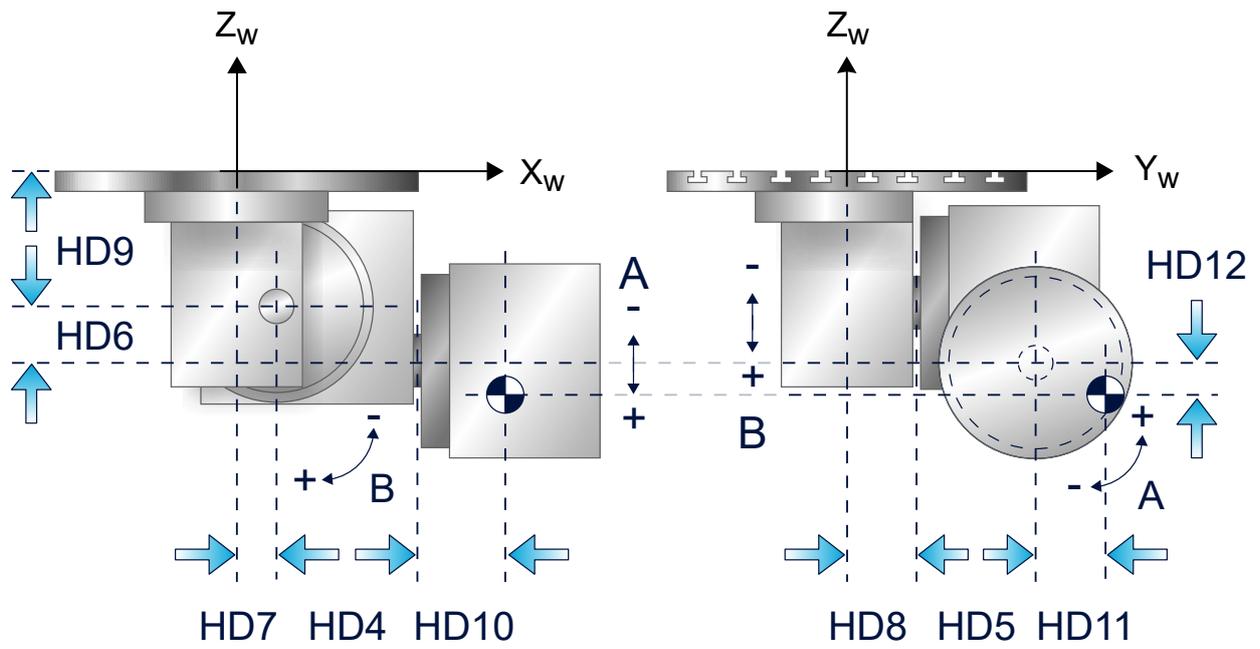


Abb. 98: Versätze Werkstückträger

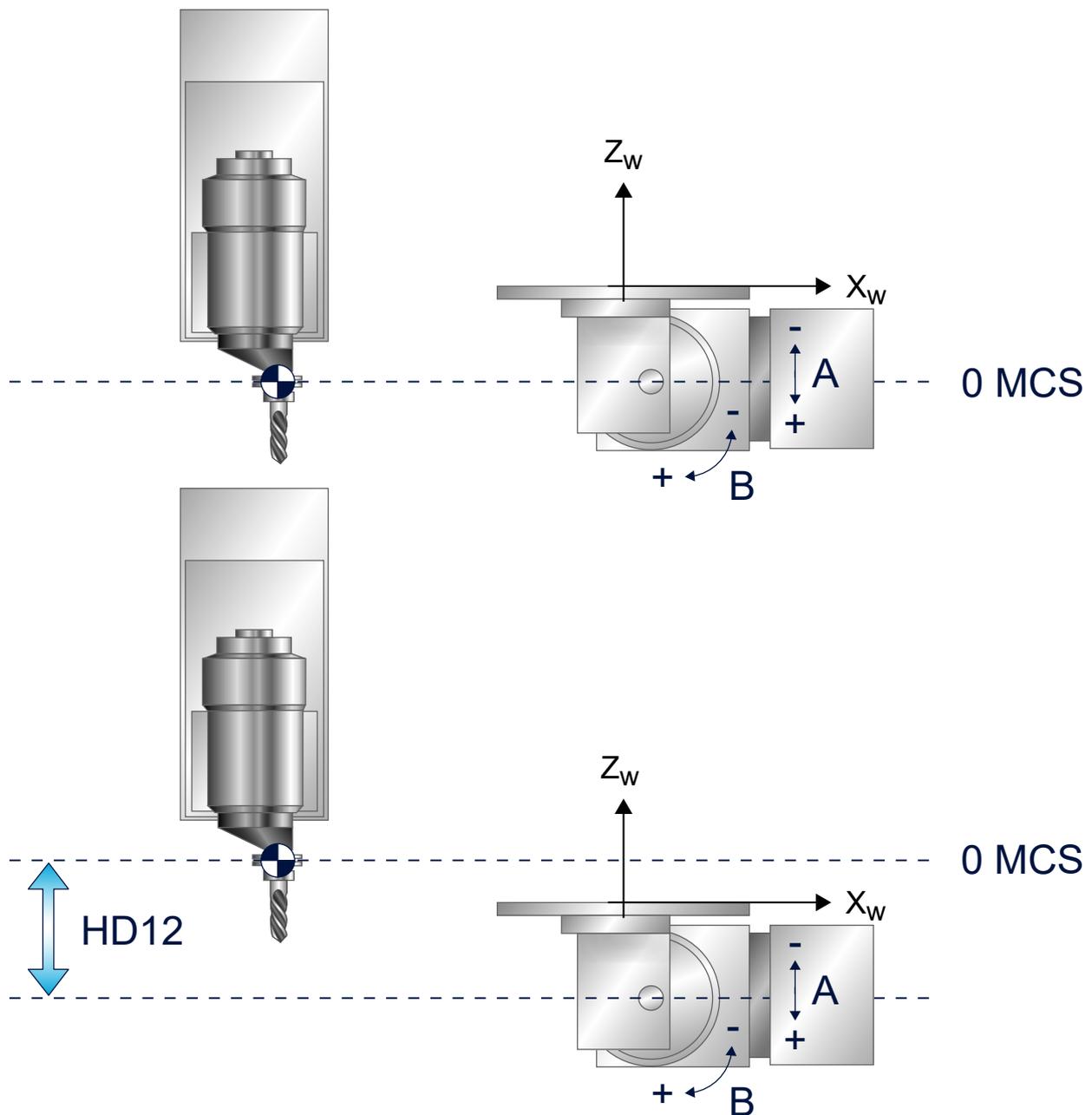


Abb. 99: Ideale und reale Z-Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse A im Werkstück und der Bezugspunkt am Werkzeugschlitten (hier Werkzeugeinspannpunkt) in einem Punkt. Die Maschinenachsenpositionen des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Im Allgemeinen können diese Achsenpositionen bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD10, HD11, HD12 berücksichtigt werden.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz Bzpkt. WZ-Schlitten bis Einspannpunkt WZ	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse A zu Drehachse B	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Achsversatz Drehachse B NP WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Achsversatz Drehachse B NP WCS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Achsversatz Drehachse B NP WCS	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungsflag A-Achse	[ - ]
HD16	15	Drehrichtungsflag B-Achse	[ - ]

## 2.36 KIN\_TYP\_81 – Fünffachs-Kinematik mit B/A-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen im Werkzeug und 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	B, A

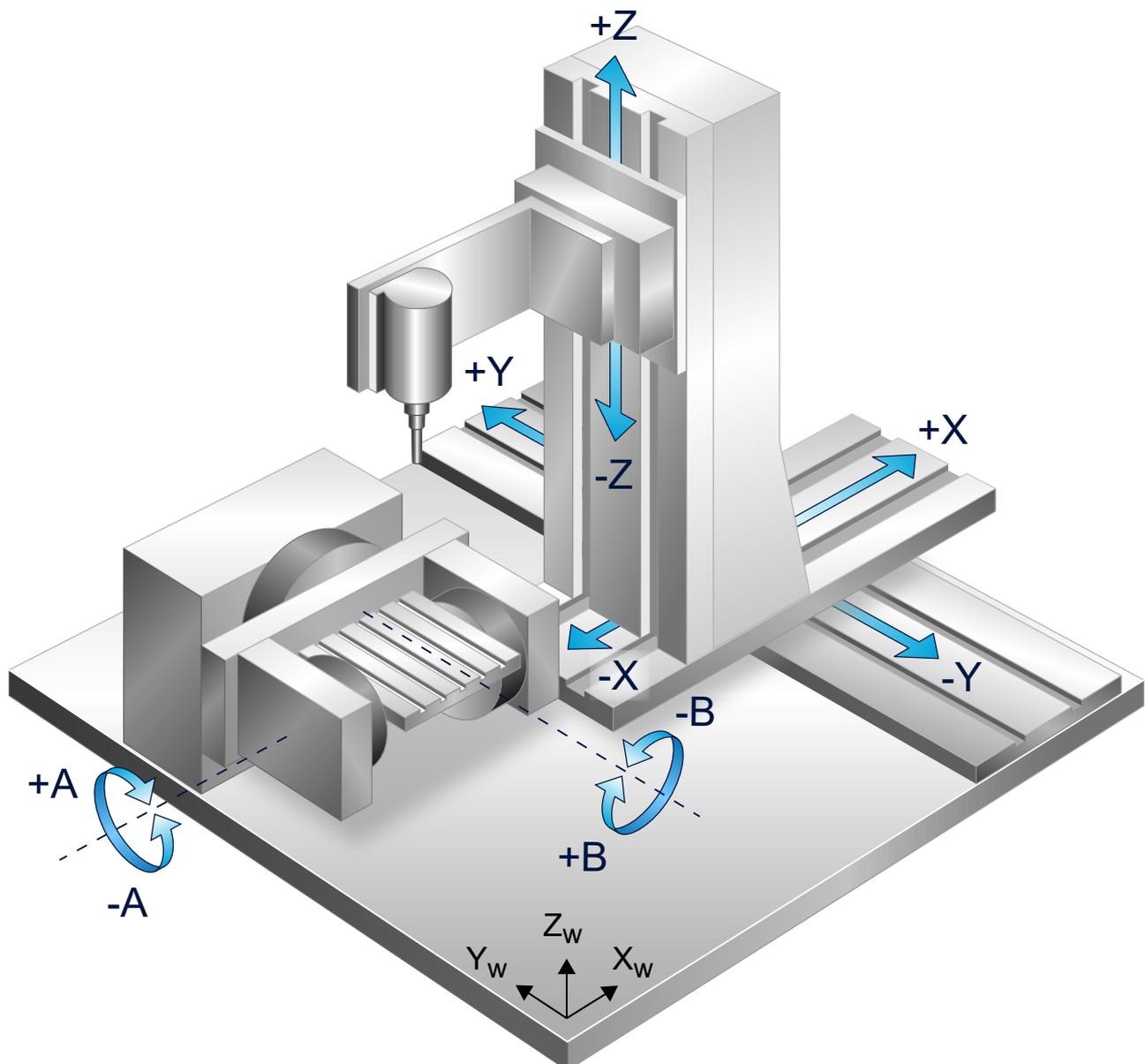


Abb. 100: Achskonfiguration der 5-achsigen Maschine

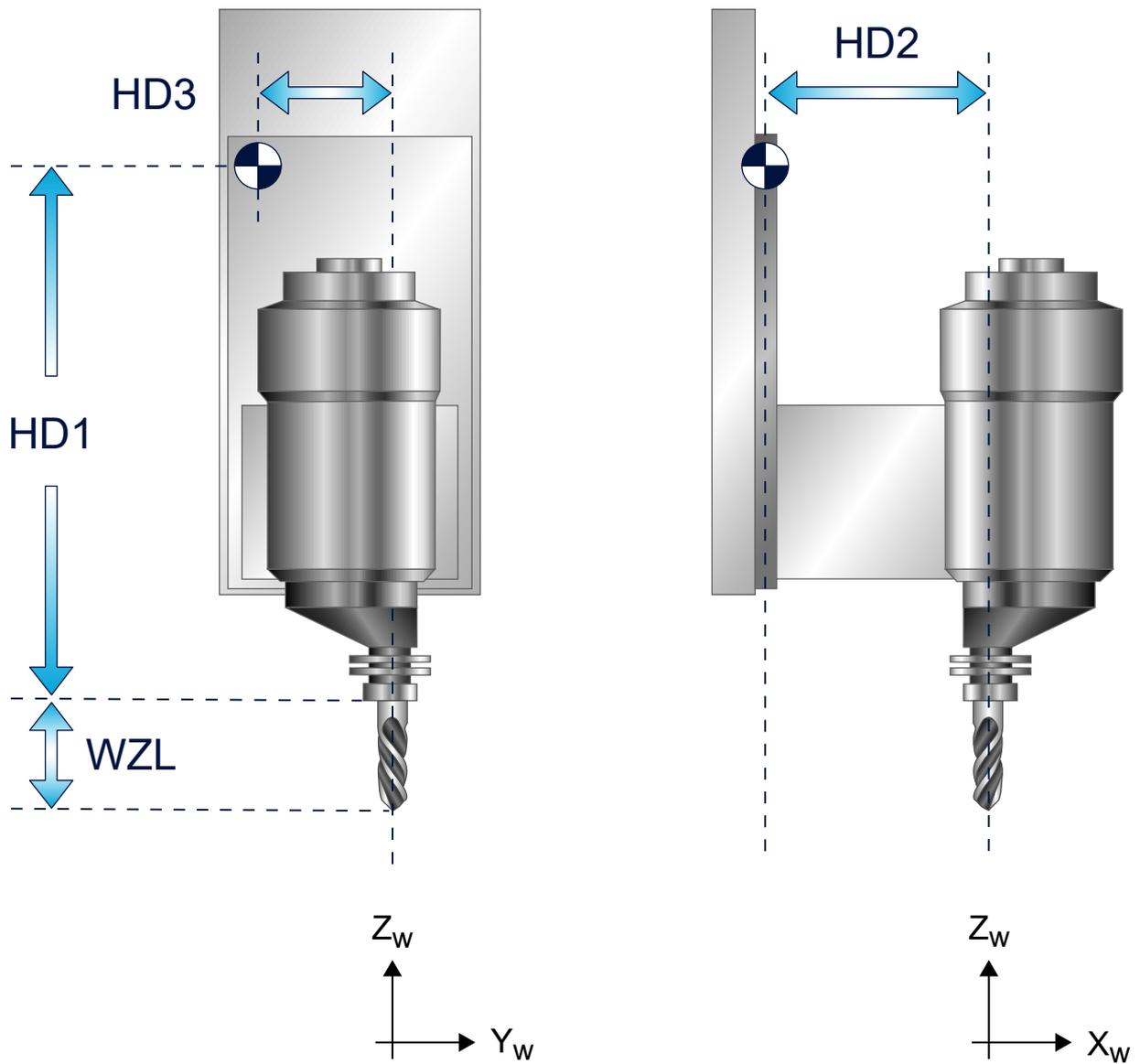


Abb. 101: Versätze Werkzeugkopf

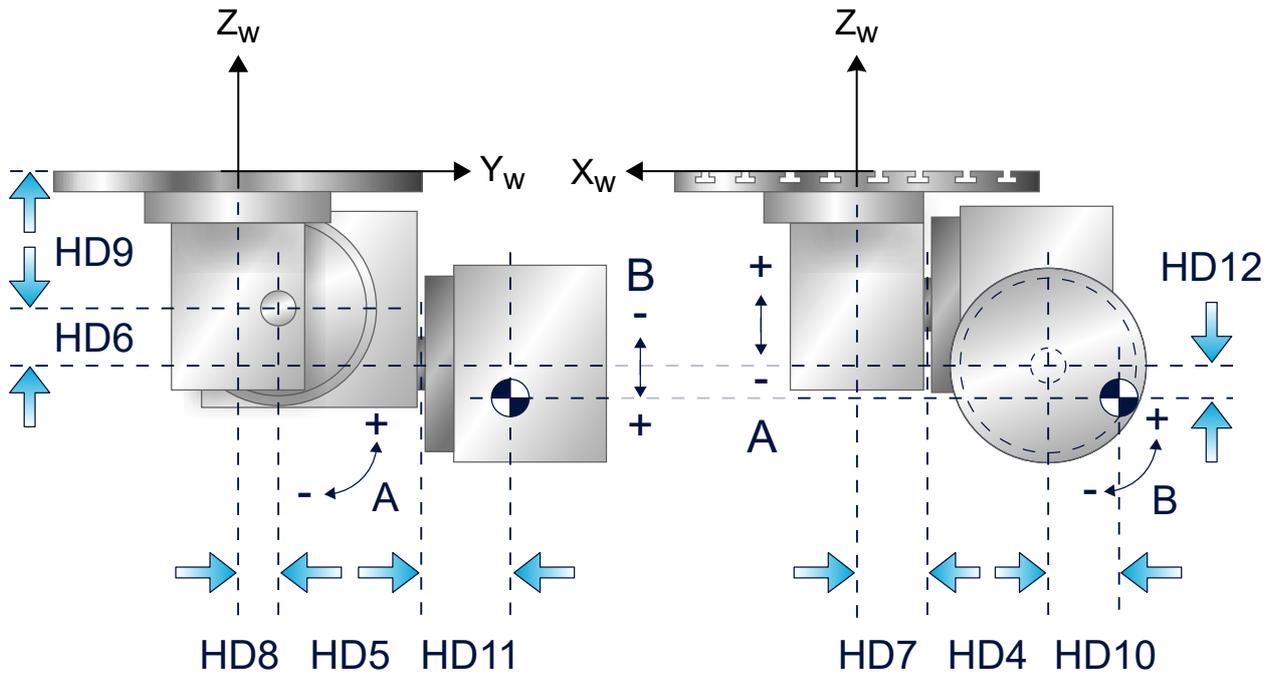


Abb. 102: Versätze Werkstückträger

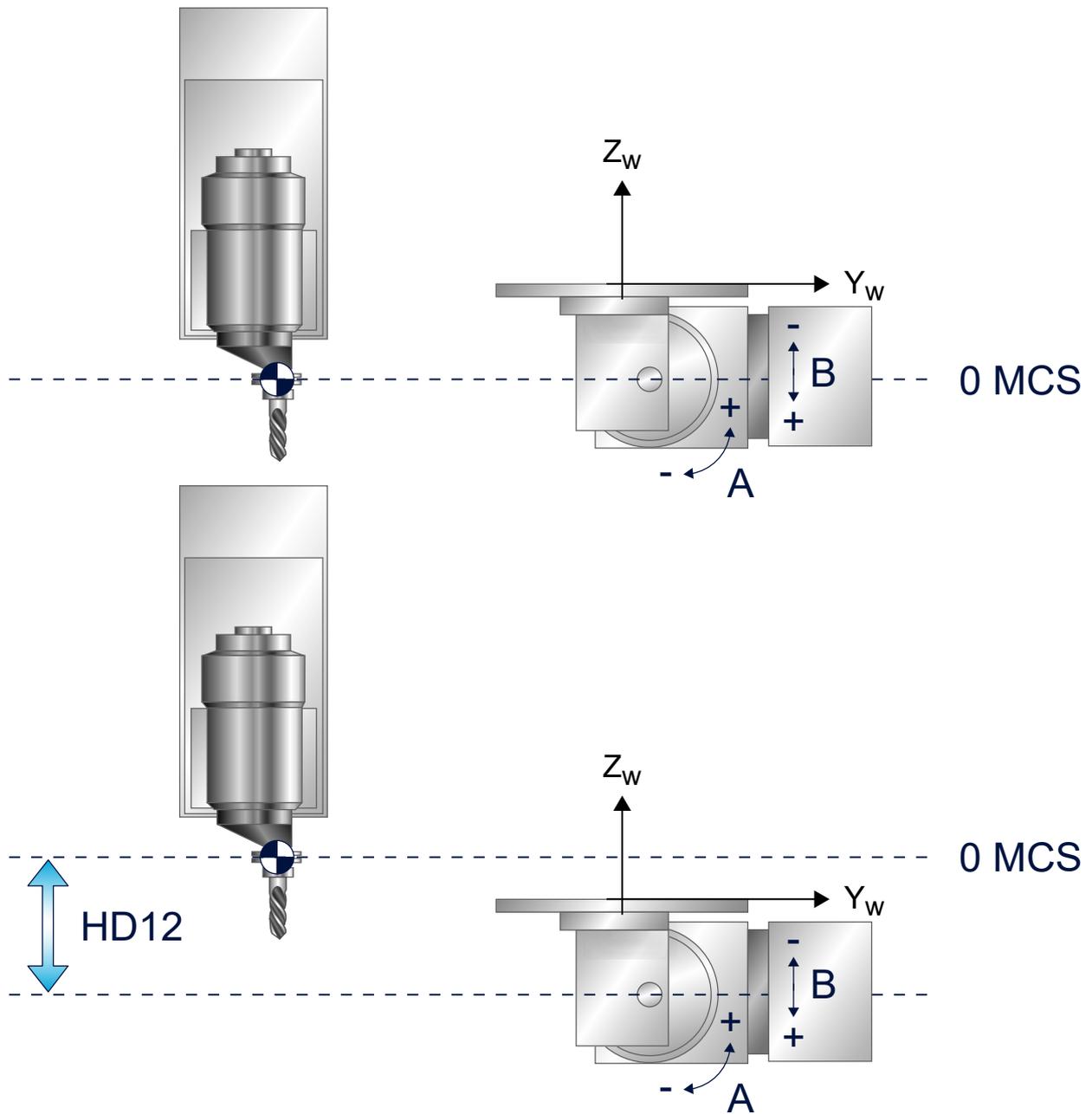


Abb. 103: Ideale und reale Z-Nullstellung

In der idealen Nullstellung der kinematischen Struktur schneiden sich die Drehachse B im Werkstück und der Bezugspunkt am Werkzeugschlitten (hier Werkzeugeinspannpunkt) in einem Punkt. Die Maschinenachsenpositionen des Werkzeugschlittens sind dann in dieser Stellung 0. Im Allgemeinen können diese Achsenpositionen bei einer Maschine nicht angefahren werden. Die bei der Werkzeugschlittenposition 0 vorhandenen Offsets zu dieser Stellung können über die Parameter HD10, HD11, HD12 berücksichtigt werden.

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz Bezugspunkt Werkzeugschlitten bis Einspannpunkt Werkzeug	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz Bezugspunkt Werkzeugschlitten bis Einspannpunkt Werkzeug	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz Bezugspunkt Werkzeugschlitten bis Einspannpunkt Werkzeug	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Achsversatz Drehachse B zu Drehachse A	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Achsversatz Drehachse A NP WCS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Achsversatz Drehachse A NP WCS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Achsversatz Drehachse A NP WCS	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz zu Maschinennullpunkt MNP	1.0 E-4 mm
HD13	12	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD14	13	Rotatorischer Offset A-Achse	1.0 E-4°
HD15	14	Drehrichtungsflag B-Achse	[ - ]
HD16	15	Drehrichtungsflag A-Achse	[ - ]

## 2.37 KIN\_TYP\_82 – Sechssachs-Kinematik mit C-Werkstücktisch

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen Achsen im Werkzeug, 2 rotatorischen NC-Achsen im Werkzeug und einer rotatorischen Achse im Werkstück.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, C, A	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, A	C

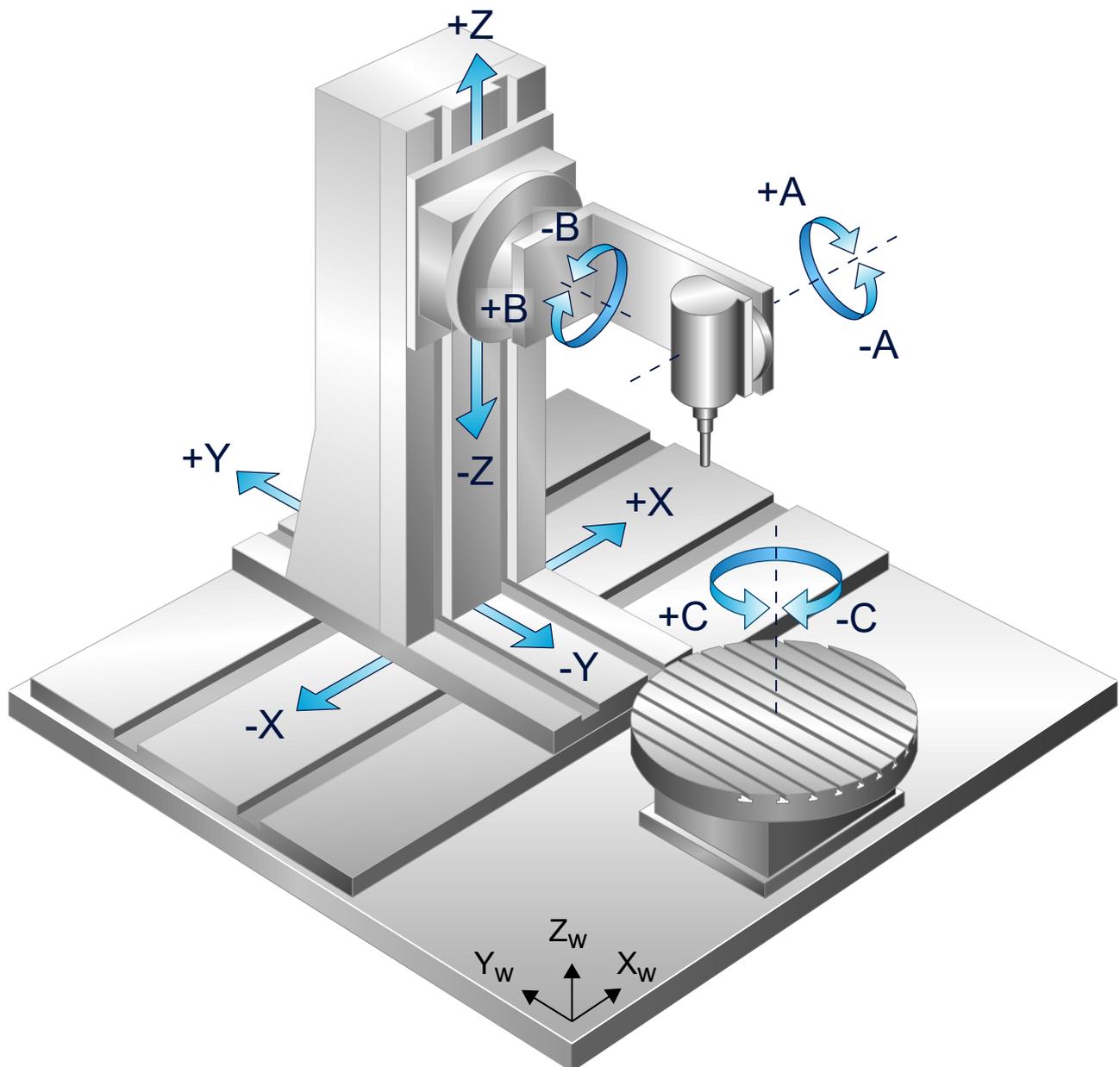


Abb. 104: Achskonfiguration der sechssachsigen Maschine

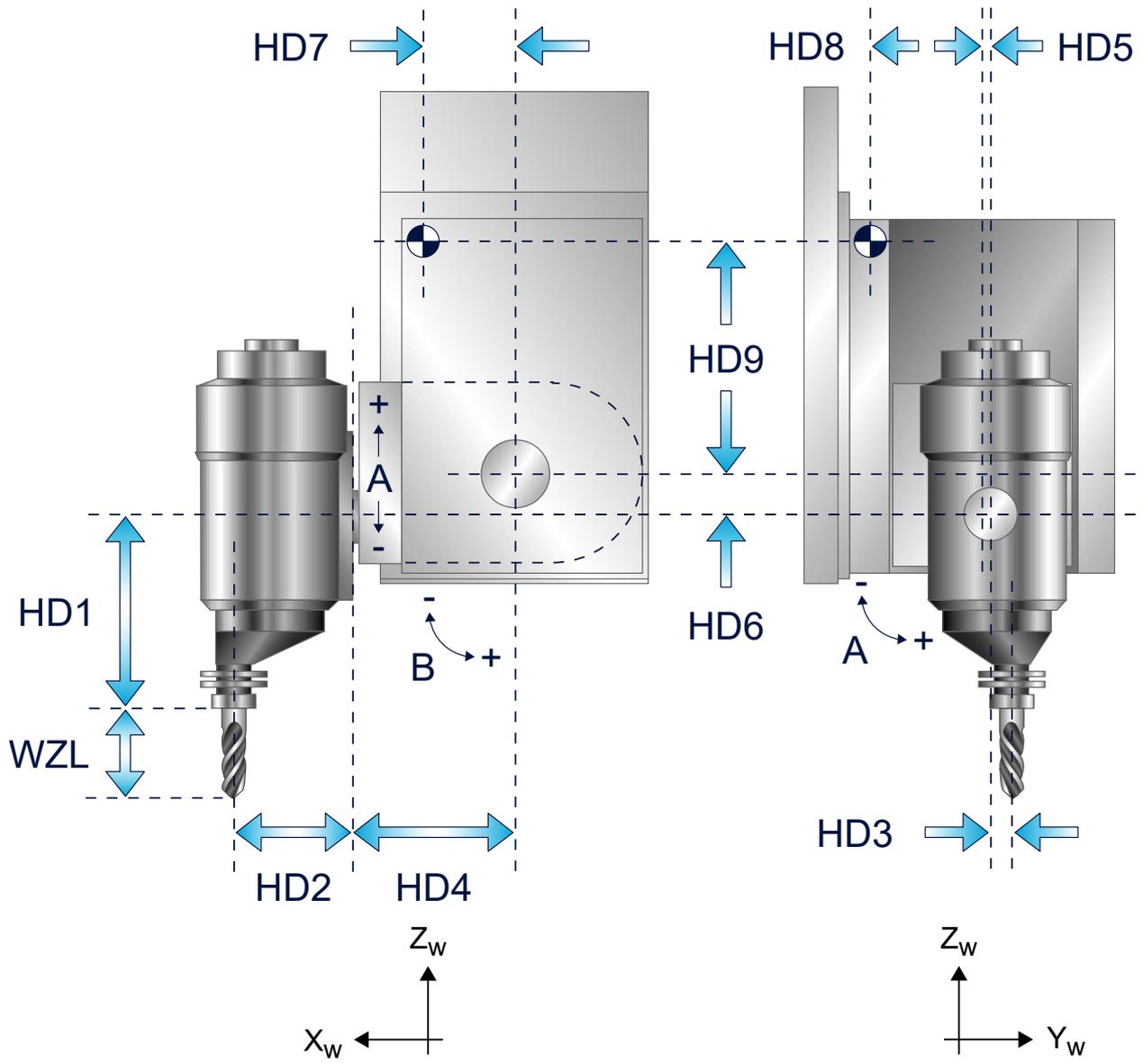


Abb. 105: Parameter des Werkzeugkopfes

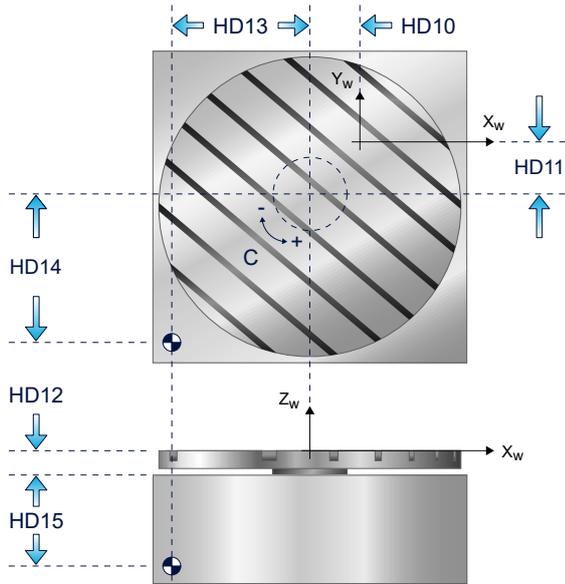


Abb. 106: Versätze am Werkstückträger

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz WZ zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz WZ zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz WZ zu Drehpunkt A-Achse	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Drehpunkt A-Achse zu B- Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Drehpunkt A-Achse zu B-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Z-Versatz Drehpunkt A-Achse zu B-Achse	1.0 E-4 mm
HD7	6	X-Versatz B- Achse bis Bzpkt. Werkzeugschlitten	1.0 E-4 mm
HD8	7	Y-Versatz B- Achse bis Bzpkt. Werkzeugschlitten	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz B- Achse bis Bzpkt. Werkzeugschlitten	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz C-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD11	10	Y-Versatz C-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz C-Drehachse zu Nullpunkt WCS	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Versatz zu Maschinen-Nullpunkt	1.0 E-4 mm
HD16	15	Rotatorischer Offset B-Achse	1.0 E-4°
HD17	16	Rotatorischer Offset C-Achse	1.0 E-4°
HD18	17	Drehrichtungs-Flag B-Achse	[ - ]
HD19	18	Drehrichtungs-Flag C-Achse	[ - ]

## 2.38 KIN\_TYP\_85 – Hebelarm-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus einer translatorischen und einer rotatorischen NC-Achse. Die Transformation kann bei einer beliebigen Achsen-X-Position (ACS) angewählt werden. Hierzu wird eine entsprechende Maschinen-X-Position (MCS) ermittelt.

Je nach Winkelposition bei Anwahl der Transformation wird die programmierte Kontur in Links- oder Rechtshänder-Auslage gefahren. Bei aktiver Transformation wird die Anwahlseite beibehalten, d.h. es wird nicht zwischen Rechts-/Linksausleger gewechselt. Um die Anwahlseite zu wechseln, muss die Transformation ausgeschaltet werden.

Die rotatorische Achse darf im genutzten Verfahrensbereich der Transformation keinen Moduloübergang aufweisen.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Z	
Achsindex	0, 1	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, C	-

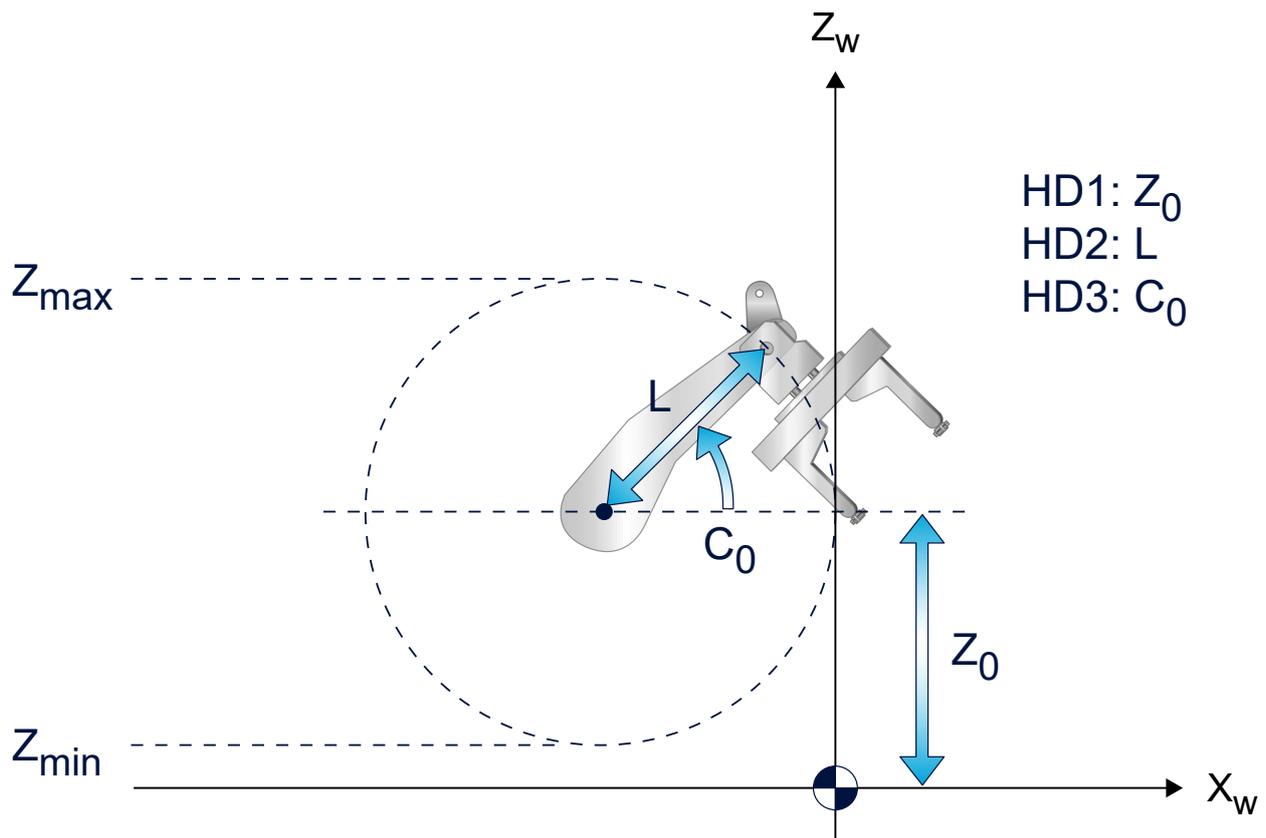


Abb. 107: Lage des Koordinatensystems

### Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Versatz des Drehmittelpunkts	1.0 E-4 mm
HD2	1	Armlänge des Hebelarms	1.0 E-4 mm

HD3	2	Winkeloffset der C-Achse zur Waagrechten	1.0 E-4°
-----	---	--	----------

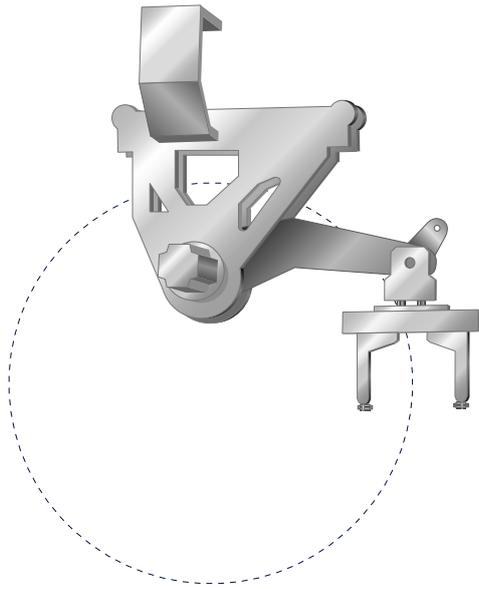


Abb. 108: Achskonfiguration Linksausleger

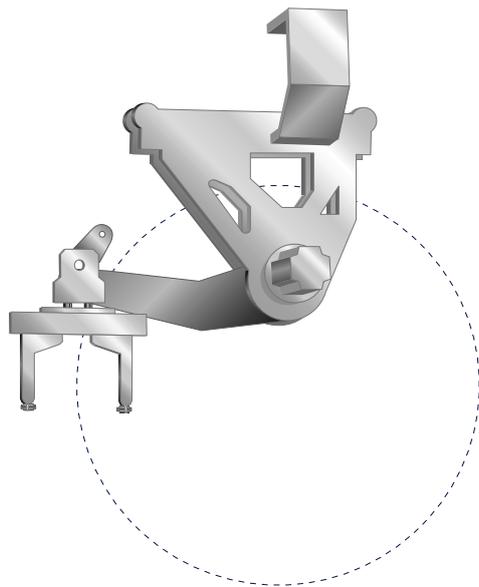


Abb. 109: Achskonfiguration Rechtsausleger

## 2.39 KIN\_TYP\_98- Transformation für Überwachung des Mindestabstands



Funktionalität verfügbar ab V3.1.3080.12 bzw. V3.1.3107.44

Mit dieser Transformation kann bei Neigung des Werkzeugs ein festgelegter Mindestabstand zur Werkstückoberfläche überwacht und eingehalten werden.

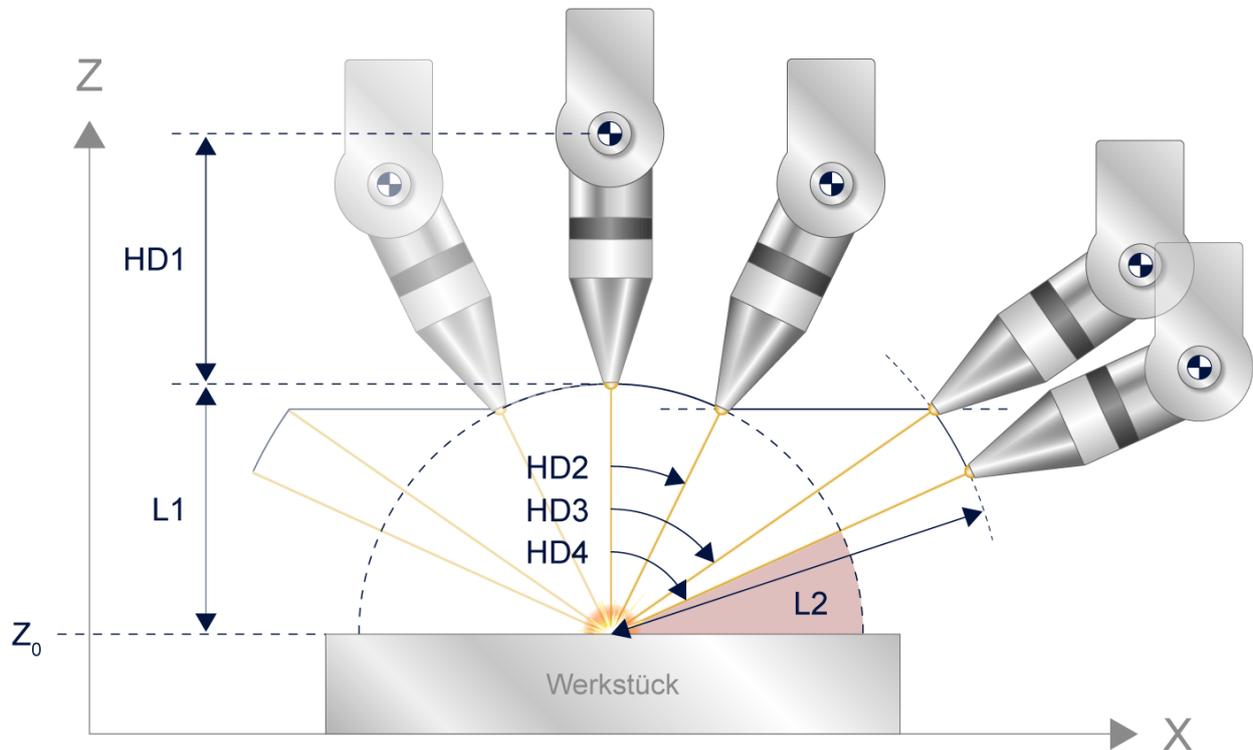


Abb. 110: Überwachung Mindestabstand

Die Laserlänge L1 muss als Werkzeuglänge parametrisiert werden, z.B. Programmierung über V.G.WZ\_AKT.L.

Länge L2 ist die Werkzeuglänge, die von der Kinematik durch die Ausweichbewegung verlängert wird.

### Versatzdaten der Kinematik

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Versatz Werkzeugeinspannpunkt bis Bezugspunkt des Werkzeugkopfes	1.0 E-4 mm
HD2	1	Neigungswinkel, ab dem der Abstand des Werkzeugkopfes zur Oberfläche konstant gehalten wird.	1.0 E-4°
HD3	2	Maximaler Neigungswinkel, bis zu dem der Abstand des Werkzeugkopfes zu Oberfläche konstant gehalten wird.	1.0 E-4°
HD4	3	Maximaler Neigungswinkel. Bei Überschreiten erfolgt eine Fehlermeldung mit Abbruch der Bearbeitung.	1.0 E-4°

## KIN\_TYP\_202 - CYL 2ROT-Kinematik

### Kinematische Struktur

Drehbearbeitung in kartesischem System. Das Werkzeug wird von den translatorischen Achsen XQ, ZQ und der rotatorischen Achse YQ getragen. Das Werkstück wird über die rotatorische Achse CS ausgerichtet.

Die Transformation kann mit dem Befehl #CYL 2ROT geschaltet werden. Der Anwender programmiert im kartesischen System X, Y, Z. Zusätzlich wird über die Größe C der Winkel des Werkzeuges in der X-Y-Ebene programmiert. Bei  $C=0$  steht das Werkzeug parallel zu X und senkrecht auf Y.

Die Kinematik ist in 2 Varianten verfügbar.

1. In der Variante LINKS ( $HD10 = 0$ ) liegt die CS-Achse links der YQ-Achse. Die YQ-Achse zeigt in Nullstellung nach links. Bei der Anwahl der Transformation muss die X-Achse rechts der CS-Achse liegen.
2. In der Variante RECHTS ( $HD10 = 1$ ) liegt die CS-Achse rechts der YQ-Achse. Die YQ-Achse zeigt in Nullstellung nach rechts. Bei der Anwahl der Transformation muss die X-Achse links der CS-Achse liegen.

Die CS-Achse muss einen Modulo-Bereich von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  haben, siehe P-AXIS-00126 und P-AXIS-00127.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	XQ, YQ, ZQ, CS	
Achsindex	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	XQ, YQ, ZQ	CS

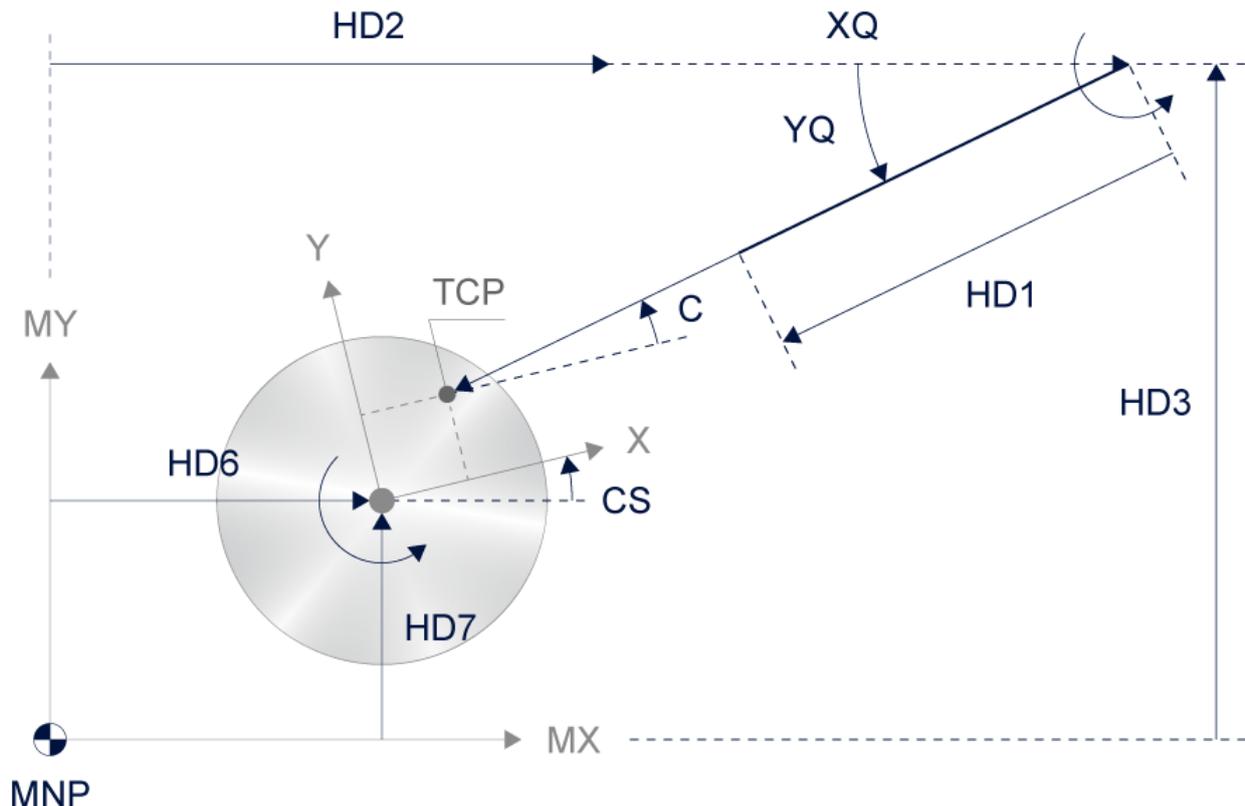


Abb. 111: Kinematik in der Variante LINKS

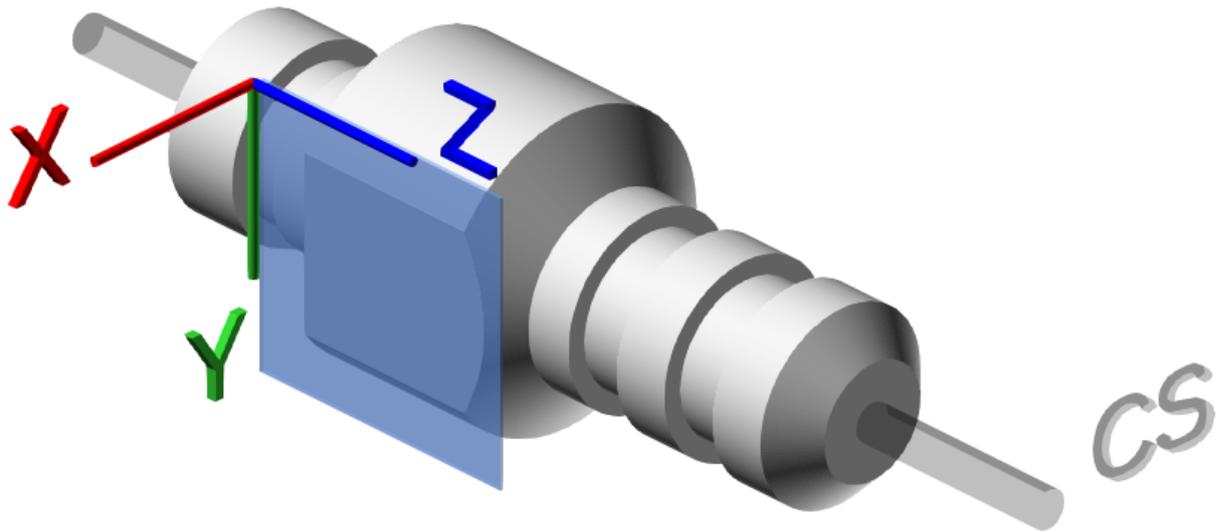


Abb. 112: Verschobenes Programmierkoordinatensystem in der Variante RECHTS

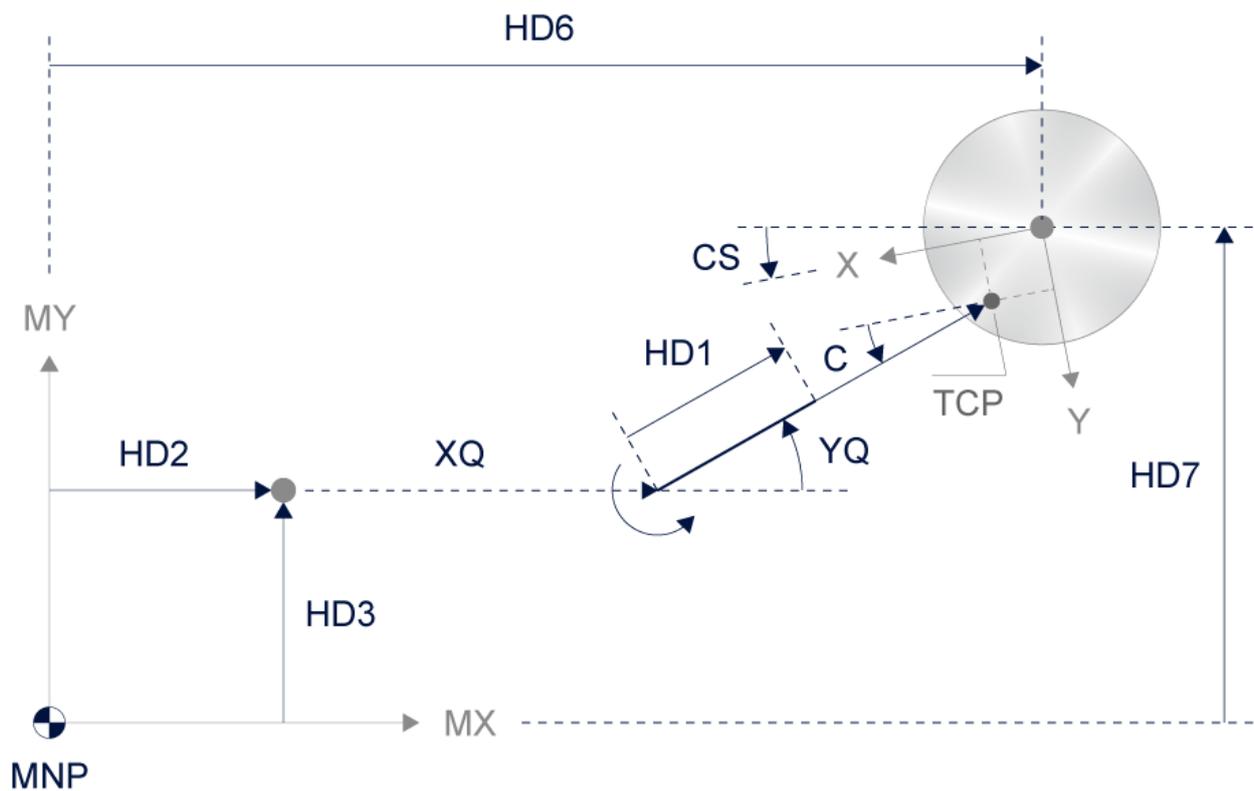


Abb. 113: Kinematik in der Variante RECHTS

HD-Versatz	param[i]	Bedeutung	Einheit
HD1	0	Versatz der Werkzeuglänge	1.0 E-4 mm
HD2	1	X-Versatz vom Maschinennullpunkt MNP zur Nullposition von XQ	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz vom Maschinennullpunkt MNP zur Nullposition von XQ	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Versatz vom Maschinennullpunkt MNP zur Nullposition von XQ	1.0 E-4 mm

HD5	4	Winkeloffset für YQ	1.0 E-4°
HD6	5	X-Versatz vom Maschinennullpunkt MNP zum Drehzentrum von CS	1.0 E-4 mm
HD7	6	Y-Versatz vom Maschinennullpunkt MNP zum Drehzentrum von CS	1.0 E-4 mm
HD8	7	Z-Versatz vom Maschinennullpunkt MNP zum Drehzentrum von CS	1.0 E-4 mm
HD9	8	Winkeloffset für CS	1.0 E-4°
HD10	9	Kinematik-Variante 0: LINKS, CS-Achse liegt links der Werkzeugachse YQ 1: RECHTS, CS-Achse liegt rechts der Werkzeugachse YQ	[ - ]

## KIN\_TYP\_203 - FACE 2ROT-Kinematik

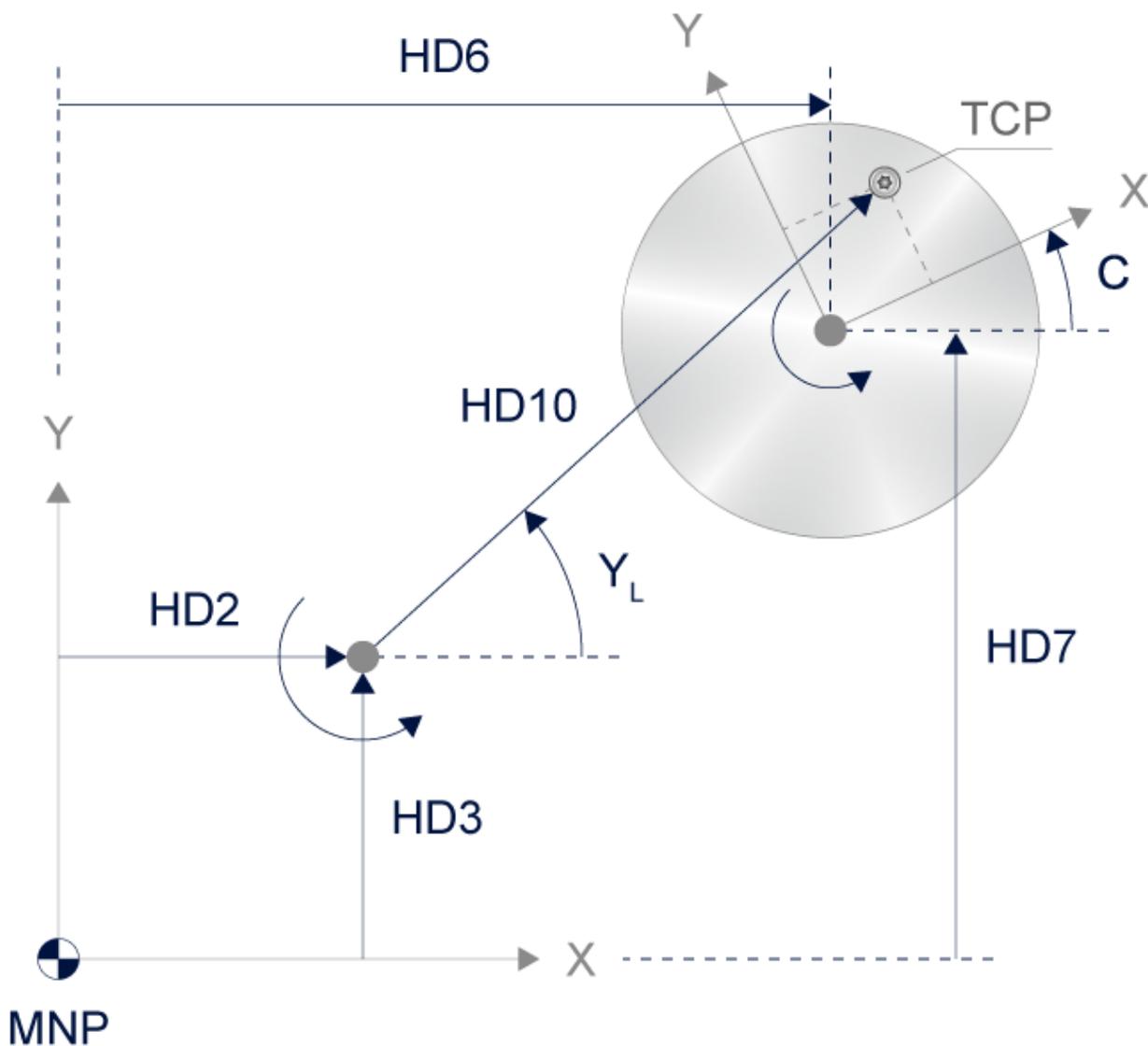
### Kinematische Struktur

Stirnflächenbearbeitung mit 2 rotatorischen Achsen. Das Werkzeug wird von der rotatorischen Achse YL und der translatorischen Achse ZL getragen. Das Werkstück wird über die rotatorische Achse C ausgerichtet.

Die Transformation kann mit dem Befehl #FACE 2ROT geschaltet werden. Der Anwender programmiert im kartesischen System X, Y, Z auf der Stirnfläche des Werkzeuges.

Die CS-Achse muss einen Modulo-Bereich von 0° bis 360° haben, siehe P-AXIS-00126 und P-AXIS-00127.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	C, YL, ZL	
Achsindex	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	YL, ZL	C



HD-Versatz	param[i]	Bedeutung	Einheit
HD1	0	Versatz der Werkzeuglänge	1.0 E-4 mm

HD2	1	X-Versatz vom Maschinennullpunkt zum Drehzentrum von YL	1.0 E-4 mm
HD3	2	Y-Versatz vom Maschinennullpunkt zum Drehzentrum von YL	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Versatz vom Maschinennullpunkt zum Drehzentrum von YL	1.0 E-4 mm
HD5	4	Winkeloffset für YL	1.0 E-4°
HD6	5	X-Versatz vom Maschinennullpunkt zum Drehzentrum von C	1.0 E-4 mm
HD7	6	Y-Versatz vom Maschinennullpunkt zum Drehzentrum von C	1.0 E-4 mm
HD8	7	Z-Versatz vom Maschinennullpunkt zum Drehzentrum von C	1.0 E-4 mm
HD9	8	Winkeloffset für C	1.0 E-4°
HD10	9	Länge des Werkzeugarms	1.0 E-4 mm

## KIN\_TYP\_205 - Exzentrerscheiben-Kinematik

### Kinematische Struktur

Das Werkzeug ist auf einer Exzentrerscheibe befestigt, die sich um Z dreht. Die Exzentrerscheibe wird außerdem über 2 kartesische Achsen in X- bzw. Z-Richtung bewegt.

HD-Parameter HD16 und HD17 zum Festlegen der Achse, um die die Drehung der Exzentrerscheibe mit dem Werkzeug erfolgt.

Folgende Kombinationen sind zulässig:

- HD16 = 0, HD17 = 1 : Drehung um X
- HD16 = 1, HD17 = 0 : Drehung um Z
- HD16 = 0, HD17 = 0 : Abgekündigter Stand, aus Abwärtskompatibilitätsgründen noch vorhanden. Nicht mehr empfohlen

Alle weiteren Kombinationen der Parameter HD16 und HD17 sind unzulässig.

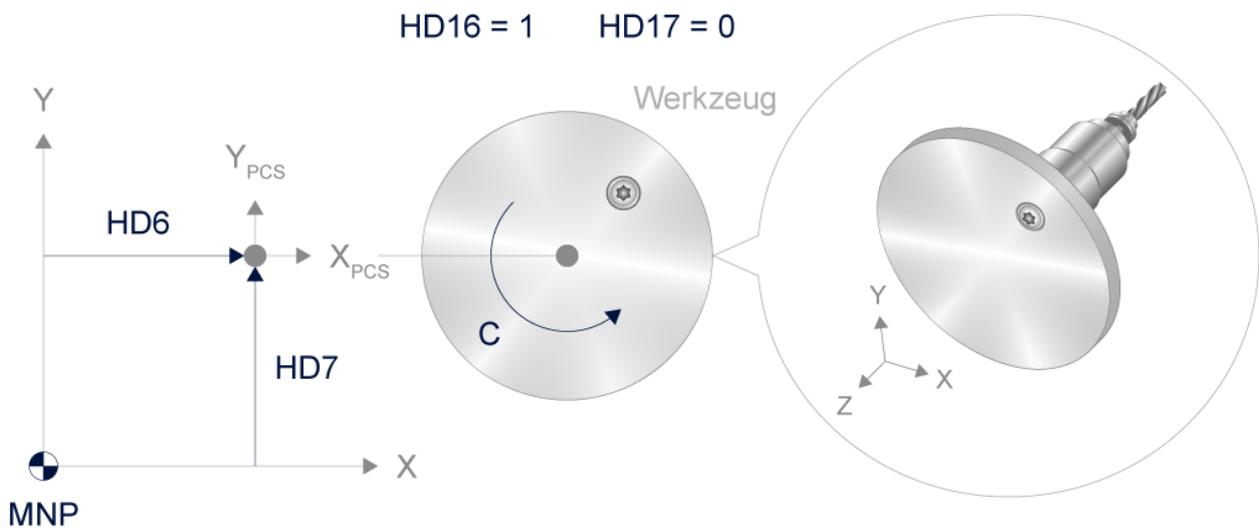


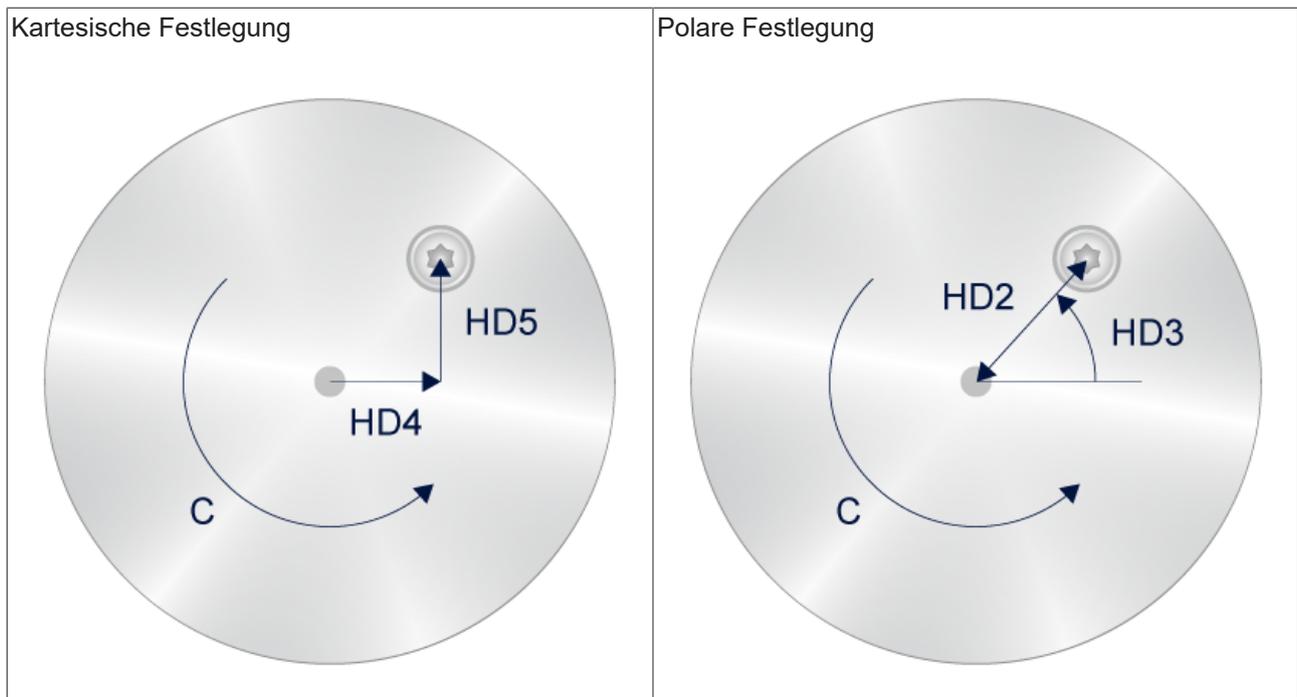
Abb. 114: Exzentrerscheiben-Kinematik mit Drehung um Z

**HD16 = 0    HD17 = 1**



Abb. 115: Exzentrerscheiben-Kinematik mit Drehung um X

Die Lage des Werkzeugs relativ zum Drehzentrum kann auf die folgenden 2 Arten konfiguriert werden.



Konfiguration auf beide Arten wirkt sich additiv auf die Werkzeugposition aus.

Die Programmierung der Kinematik erfolgt in XYZ-Koordinaten.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y(C), Z	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	<b>Werkzeugachsen</b>	<b>Werkstückachsen</b>
<b>NC-Achsen</b>	X, Y(C), Z	-

Die Achsen können z.B. mit #SET AX [X, 1, 0] [Y, 2, 1] [Z, 3, 2] in den Kanal einsortiert werden.

HD-Versatz	param[i]	Bedeutung	Einheit
HD1	0	Versatz der Werkzeuglänge	1.0 E-4 mm
HD2	1	polar: Abstand des Werkzeuges von der Drehachse C	1.0 E-4 mm
HD3	2	polar: Winkel der Nullstellung des Werkzeuges	1.0 E-4 mm
HD4	3	kartesisch: X-Offset zwischen Werkzeug und C-Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	kartesisch: Y-Offset zwischen Werkzeug und C-Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	X-Offset vom Maschinennullpunkt zur Nullposition von X	1.0 E-4 mm
HD7	6	Y-Offset vom Maschinennullpunkt zur Nullposition von X	1.0 E-4 mm
HD8	7	Z-Offset vom Maschinennullpunkt zur Nullposition von X	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Offset vom Maschinennullpunkt zur Nullposition von Z	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Offset vom Maschinennullpunkt zur Nullposition von Z	1.0 E-4 mm
HD11	10	Z-Offset vom Maschinennullpunkt zur Nullposition von Z	1.0 E-4 mm
HD12	11	Winkel-Offset der C-Achse	1.0 E-4°
HD13	12	Richtungsflag für C-Achse: >= 0: positive Drehrichtung < 0: negative Drehrichtung	[ - ]
HD14	13	Richtungsflag für X-Achse (ab V3.1.3080.19 bzw. v3.1.3107.53) >= 0 positiv < 0 negativ	[ - ]
HD15	14	Richtungsflag für Z-Achse (ab V3.1.3080.19 bzw. v3.1.3107.53)	[ - ]

		>= 0 positiv < 0 negativ	
HD16	15	Parameter zum Festlegen der Achse, um die die Drehung der Exzentrerscheibe mit dem Werkzeug erfolgt. (ab V3.1.3080.19 bzw. v3.1.3107.53)	[ - ]
HD17	16	Parameter zum Festlegen der Achse, um die die Drehung der Exzentrerscheibe mit dem Werkzeug erfolgt. (ab V3.1.3080.19 bzw. v3.1.3107.53)	[ - ]

## 2.40 KIN\_TYP\_207 - Fünfachs-Kinematik mit schrägem Werkzeug

### Kinematische Struktur

Die Kinematik besteht aus 3 translatorischen NC-Achsen und einer rotatorischen NC-Achse im Werkzeug. Weiterhin steht eine manuell einstellbare rotatorische 5. Achse zur Verfügung. Diese Kinematik ermöglicht schräge Bearbeitungskanten mit vorher manuell eingestelltem festen Winkel (A). Diese A-Achse ist vom NC-Programm aus nicht ansprechbar.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, C	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	<b>Werkzeugachsen</b>	<b>Werkstückachsen</b>
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z, A, C	-
<b>Hilfsachsen</b>	A	-

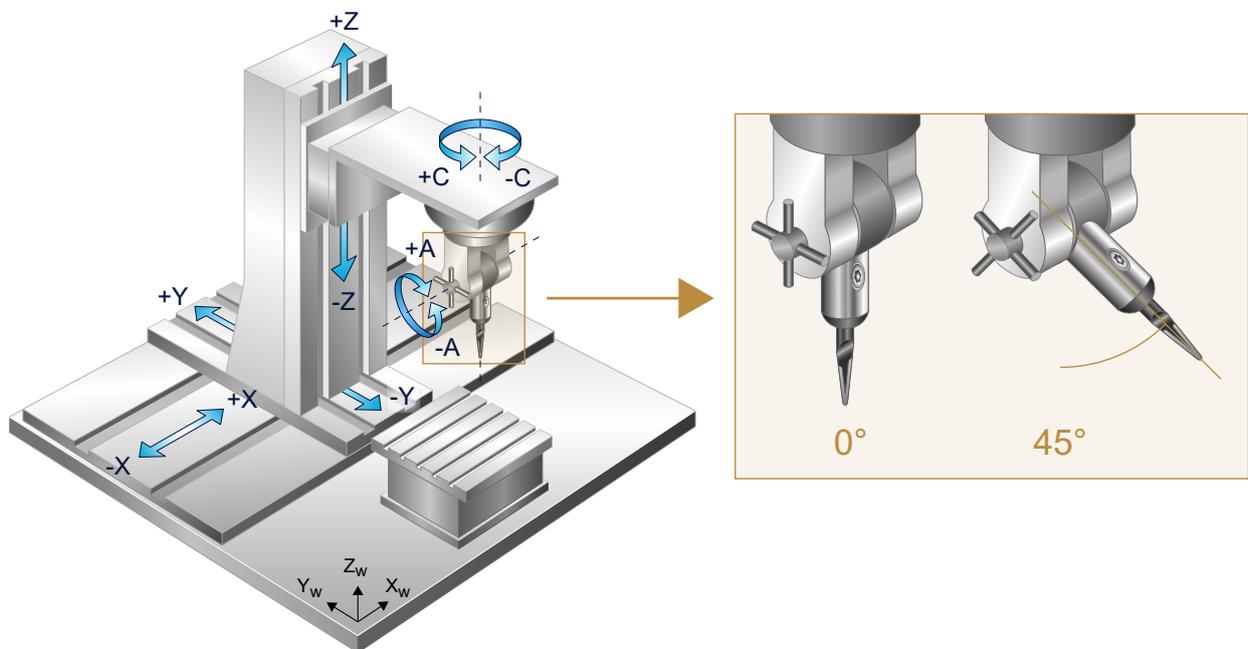


Abb. 116: 5-achsige Kinematik (Schneidwerkzeug mit manueller Hilfsachse A)

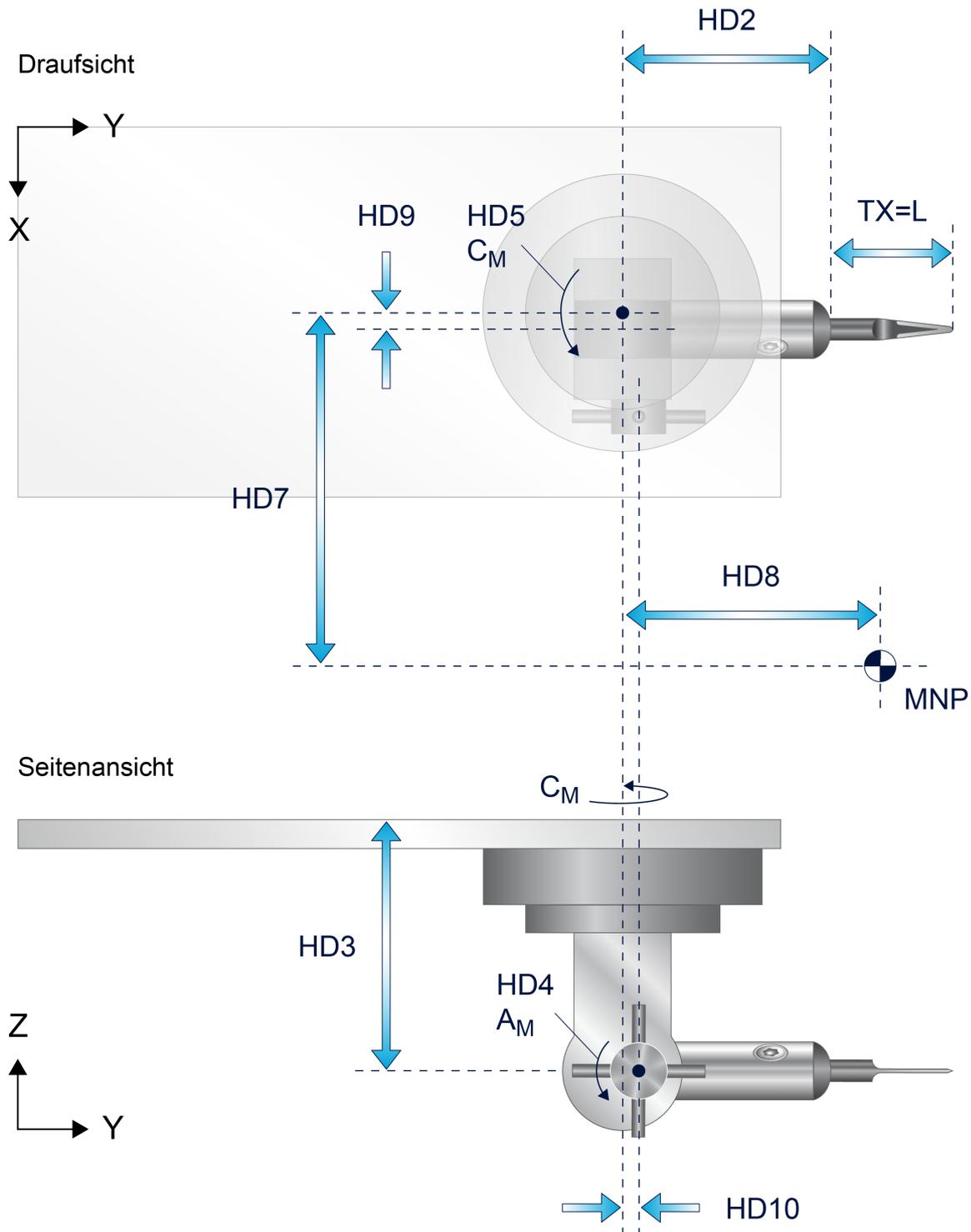


Abb. 117: 5-achsiges Schneidwerkzeug bei 90 Grad Winkelstellung

**Zusatzinformation zu Parameter HD11**

Über HD11 wird mit der Schneidhöhe Z0 die Bearbeitungstiefe bzw. die verwendete Werkstückdicke angegeben. Bezugsebene für die Programmierung der Kontur ist Z0. Tiefer als die angegebene Schneidhöhe kann nicht gefahren werden.

Bei der Fahrt auf Schneidhöhe Z0 realisiert diese Kinematik das schräge Eintauchen bzw. Herausziehen des Werkzeuges mit manuell eingestelltem Werkzeugwinkel A (HD4).

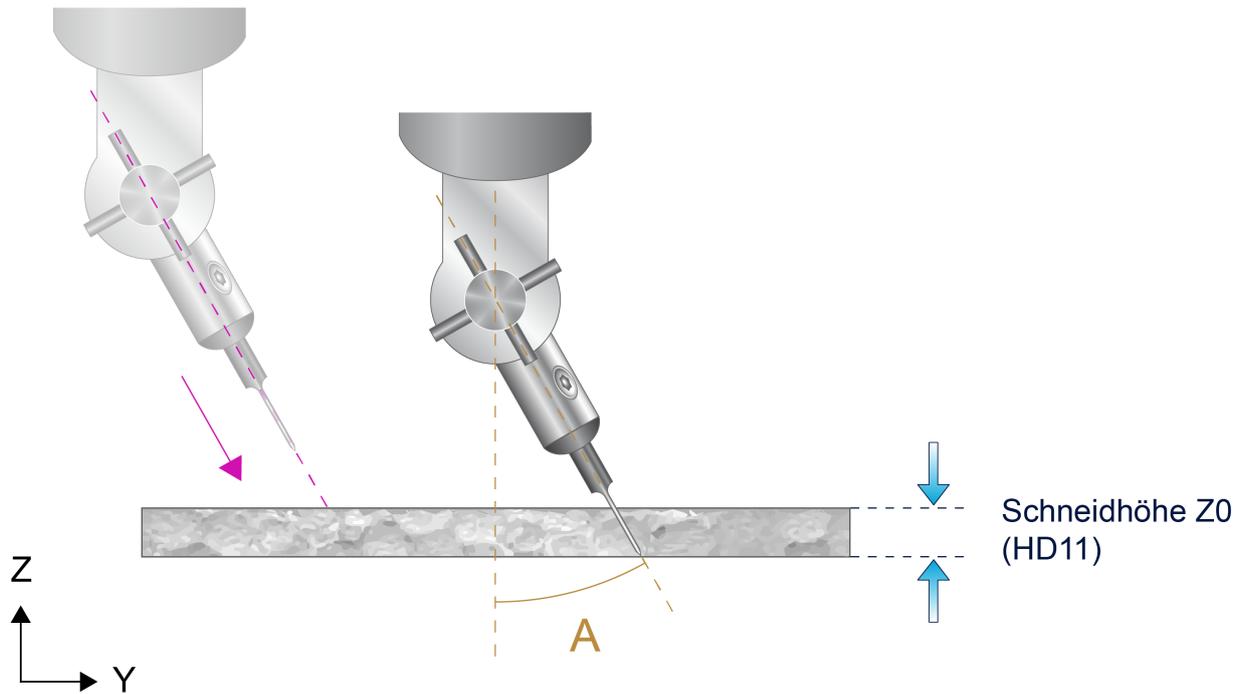


Abb. 118: Schneidhöhe

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD2	1	Y-Achsversatz von Werkzeugeinspannpunkt bis Drehpunkt A-Achse (Schwenkachse)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Z-Achsversatz von Drehpunkt A-Achse zu Werkzeugbezugspunkt	1.0 E-4 mm
HD4	3	Feste Winkeleinstellung von rotatorischer A-Achse (Werkzeugwinkel)	1.0 E-4°
HD5	4	Rotatorischer Winkelversatz C-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	statischer Werkzeugversatz in X	1.0 E-4 mm
HD8	7	statischer Werkzeugversatz in Y	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD10	9	Y-Achsversatz Drehpunkt A-Achse zu Drehpunkt C-Achse	1.0 E-4 mm
HD11	10	Festlegung der Schneidhöhe Z0	1.0 E-4 mm

## 2.41 KIN\_TYP\_209 - Tripod mit Drehschwenk- Werkstücktisch

Diese Kinematik basiert auf der Stabkinematik (KIN\_TYP\_12), die zusätzlich einen dreh- schwenkbaren Werkstücktisch enthält. Es können hiermit klassische 5 Achsbearbeitungen durchgeführt werden.



Diese Kinematik ist verfügbar ab der CNC-Version V3.01.3078

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z (Z1, Z2, Z3), A(B), C	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z	A(B), C

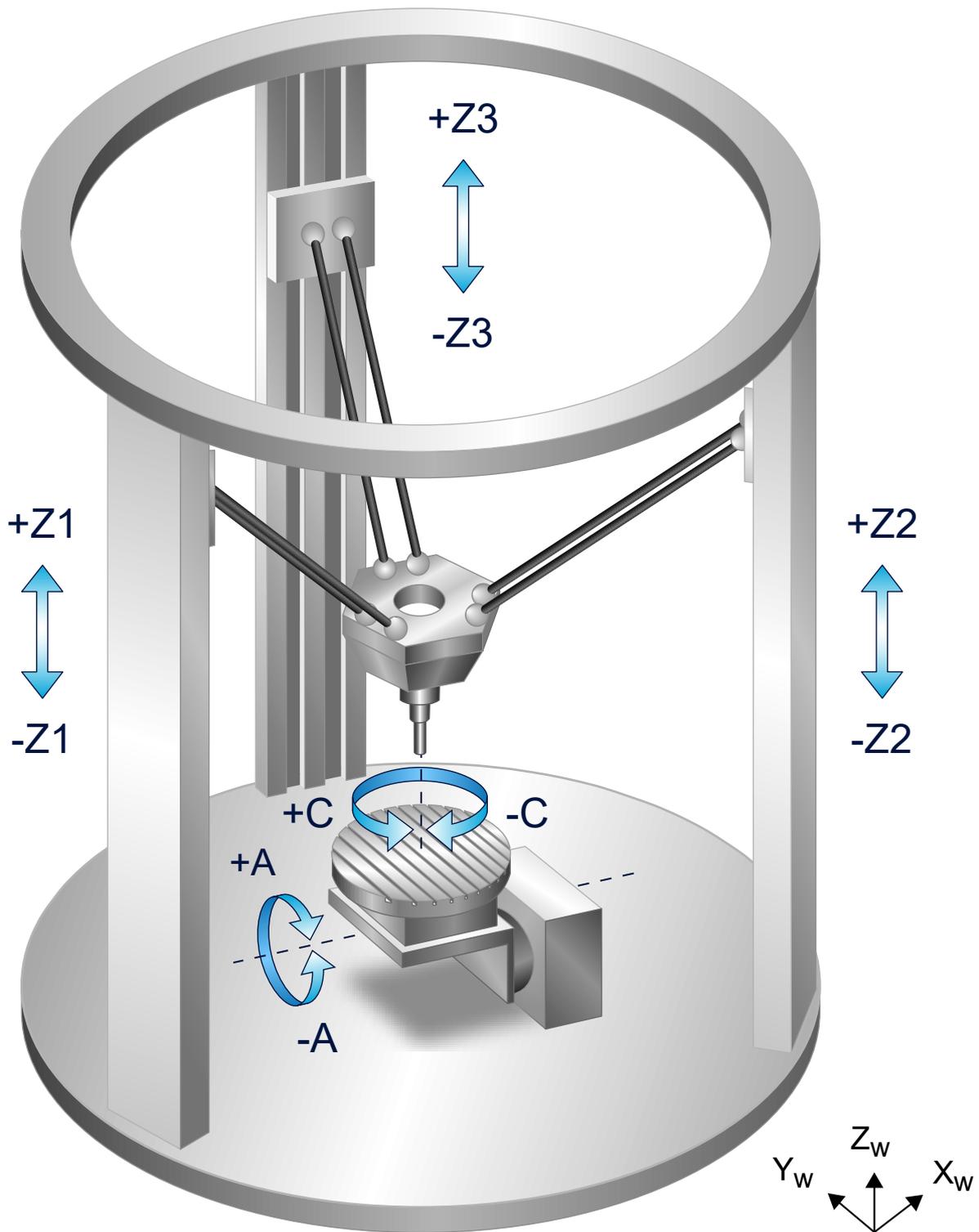
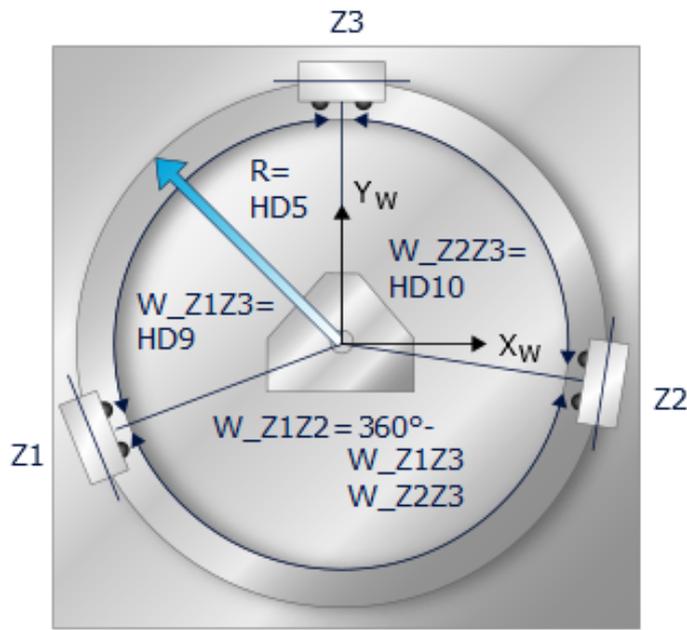


Abb. 119: Tripodkinematik mit CA-Drehschwenktisch

Träger Maschinenachsen



Trägerplattform  
Werkzeug

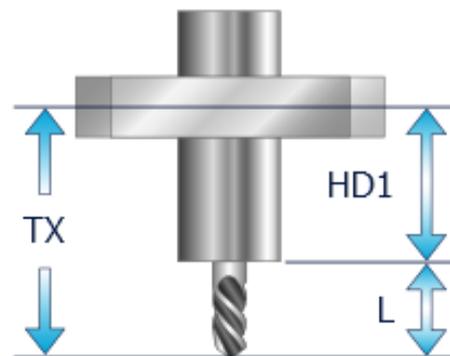
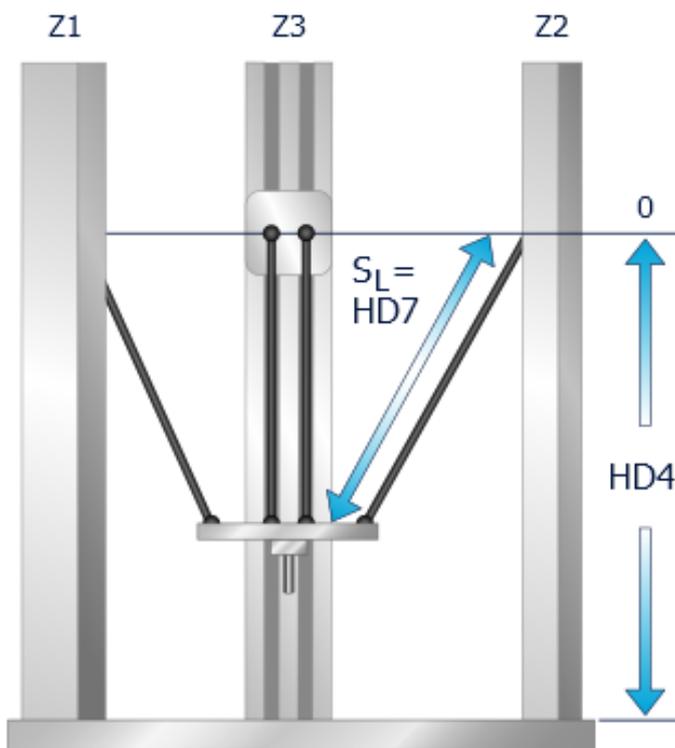
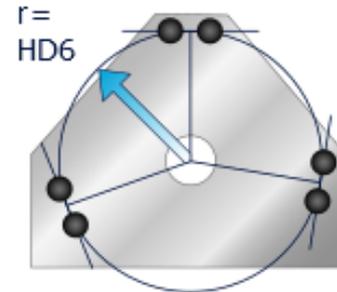


Abb. 120: Versatzmaße der Stabkinematik

Mit dem Parameter HD8 lässt sich zwischen einem idealen (0) und nichtidealen (1) Tripod umschalten. Ein idealer Tripod hat zwischen allen Säulen einen Winkel von 120°. Der nichtideale Tripod muss durch die Winkel HD9 und HD10 definiert werden.

Der dritte Winkel zwischen den Säulen ergibt sich aus:

$$W_{Z1Z2} = 360^\circ - HD9 - HD10 = 360^\circ - W_{Z2Z3} - W_{Z1Z3}$$

Ein montagebedingter Winkelversatz des Drehschwenktisches kann mit HD30 korrigiert werden.

**Drehschwenktisch – CA-Variante**

Mit HD31 wird die Variante des Drehschwenktisches festgelegt. Standardmäßig ist der Wert mit 0 belegt und somit die CA-Variante parametrierbar.

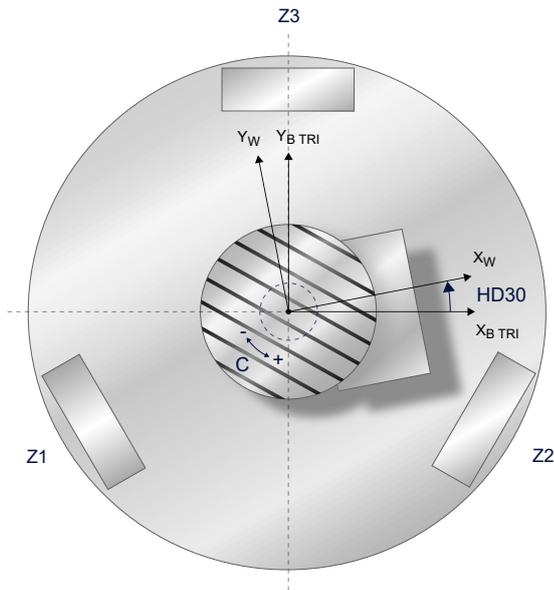


Abb. 121: Winkelversatz HD30 des CA-Drehschwenktisches

Versätze CA-Drehschwenktisch

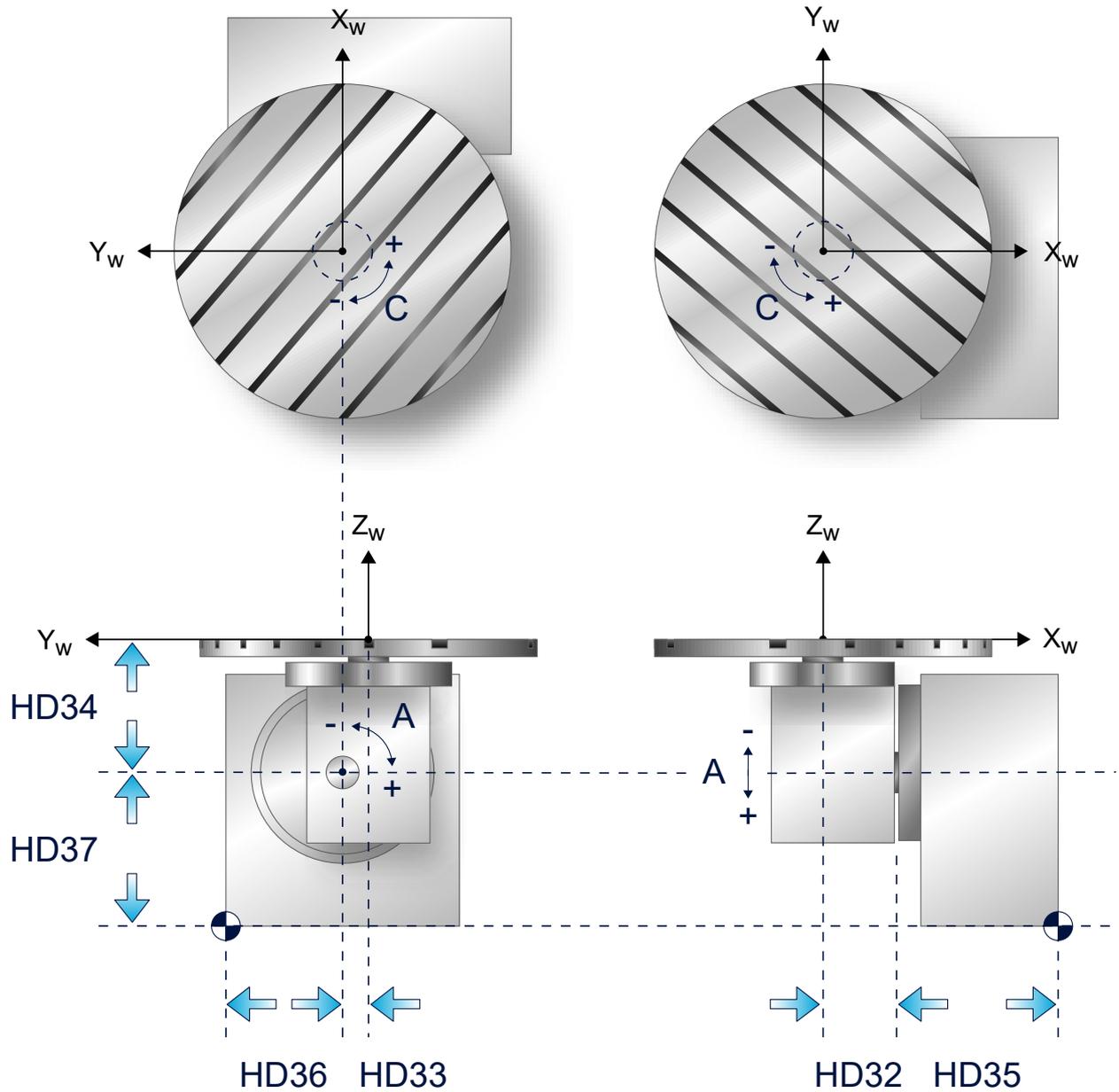


Abb. 122: Versätze CA-Drehschwenktisch

**Drehschwenktisch – CB-Variante**

Wird HD31 mit 1 belegt, so ist die CB-Variante parametrierbar.

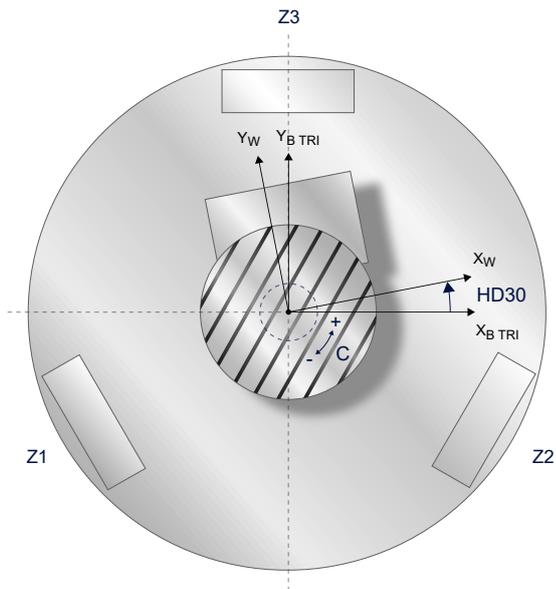


Abb. 123: Winkelversatz HD30 des CB-Drehschwenktisches

**Versätze CB-Drehschwenktisch**

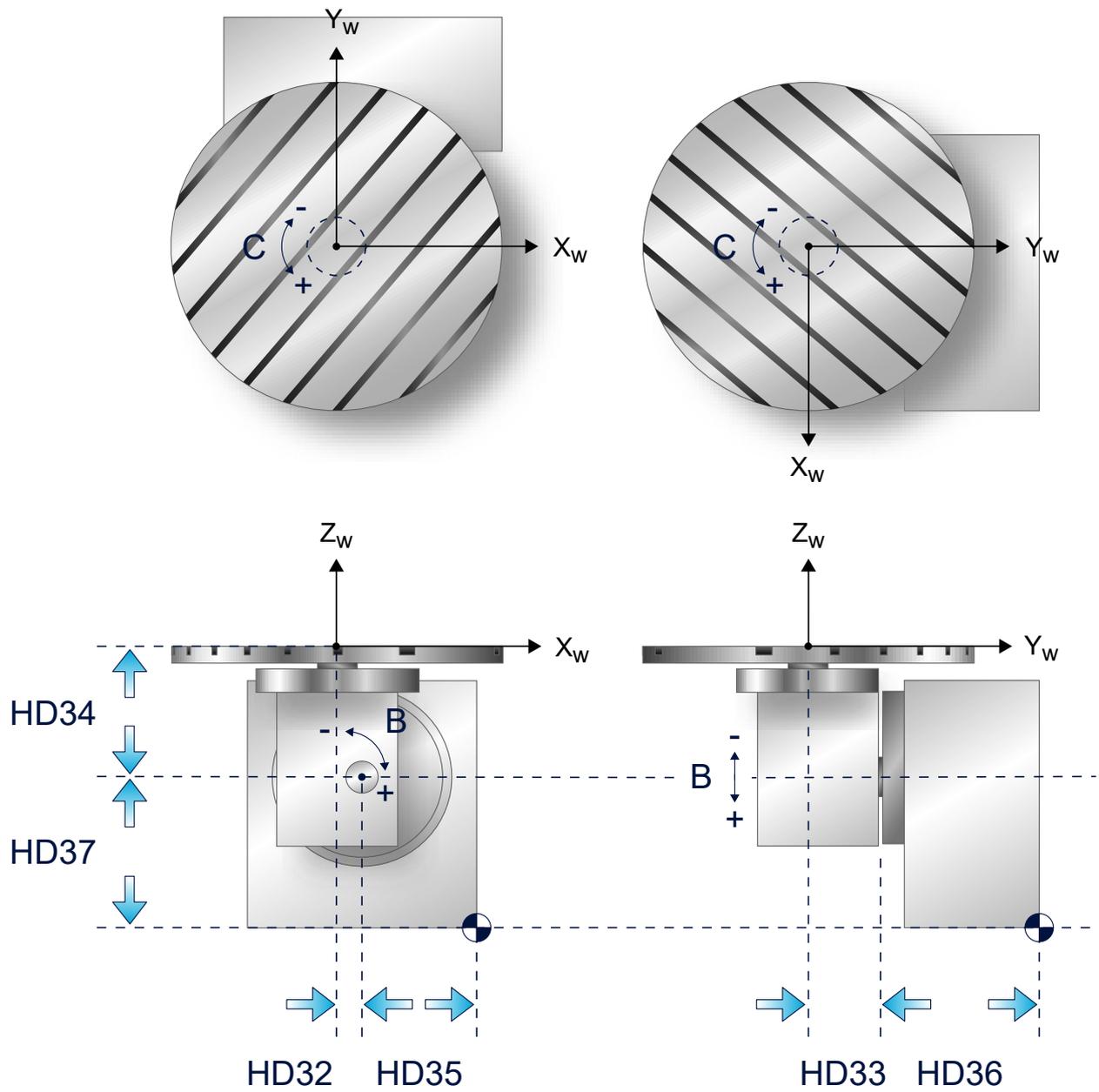


Abb. 124: Versätze CB-Drehschwenktisch

**Versatzdaten der Tripodkinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z-Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD2	1	Y-Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD3	2	X-Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD4	3	Z-Achsversatz Maschinennullpunkt	1.0 E-4 mm
HD5	4	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte auf den Antriebssäulen (großer Kreis)	1.0 E-4 mm
HD6	5	Radius zu Verbindungslinie Gelenkmittelpunkte auf der Trägerplattform (kleiner Kreis)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Stablänge jeweils bis Gelenkmittelpunkt	1.0 E-4 mm
HD8	7	Schalter zum Umschalten auf nichtidealen Tripod 0 : idealer Tripod 1 : nichtidealer Tripod und freischalten von HD9 / HD 10	[ - ]
HD9	8	Winkel von Säule/ Gelenk 3 zu Säule / Gelenk 1	1.0 E-4°
HD10	9	Winkel von Säule/ Gelenk 3 zu Säule/ Gelenk 2	1.0 E-4°

**Versatzdaten des Drehschwenktisches**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD30	29	Winkeloffset um Z von kartesischem. Basissystem zu Tripod Säule Z3	1.0 E-4°
HD31	30	Typ des rotatorischen Werkstückträgers: 0: CA, 1:CB Standardwert = 0	[ - ]
HD32	31	X Achsversatz Drehachse A, (B) zu Drehachse C, NP WKS	1.0 E-4 mm
HD33	32	Y Achsversatz Drehachse A, (B) zu Drehachse C, NP WKS	1.0 E-4 mm
HD34	33	Z Achsversatz Drehachse A,(B) zu Drehachse C, NP WKS	1.0 E-4 mm
HD35	34	X Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A, (B)	1.0 E-4 mm
HD36	35	Y Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A, (B)	1.0 E-4 mm
HD37	36	Z Versatz Maschinennullpunkt MNP zu Drehachse A, (B)	1.0 E-4 mm
HD38	37	Rotatorischer Offset A (B) Achse	1.0 E-4°
HD39	38	Rotatorischer Offset C Achse	1.0 E-4°
HD40	39	Drehrichtungsflag A (B)-Achse	[ - ]
HD41	40	Drehrichtungsflag C-Achse	[ - ]

## 3 Roboter-Kinematiken

In den nachfolgenden Kapiteln werden vorgefertigte Kinematiken beschrieben.

Zusätzliche gibt es die Möglichkeit über die Universelle Kinematik ID 91 [FCT-C27] Kinematiken selbst zu erstellen oder über die Koppelkinematik ID 210 [FCT-C35] Kinematiken zusammenzustellen.

### 3.1 KIN\_TYP\_36 – SCARA-Kinematik

#### Kinematische Struktur

Die Roboterkinematik besteht aus 3 rotatorischen und einer translatorischen NC-Achse im Werkzeug. In der Z-Achse erfolgt die Werkzeuglängenverrechnung. Alle Rotationachsen sind C-Achsen.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, C (C1, C2, Z, C3)	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	X,Y, Z, C	-

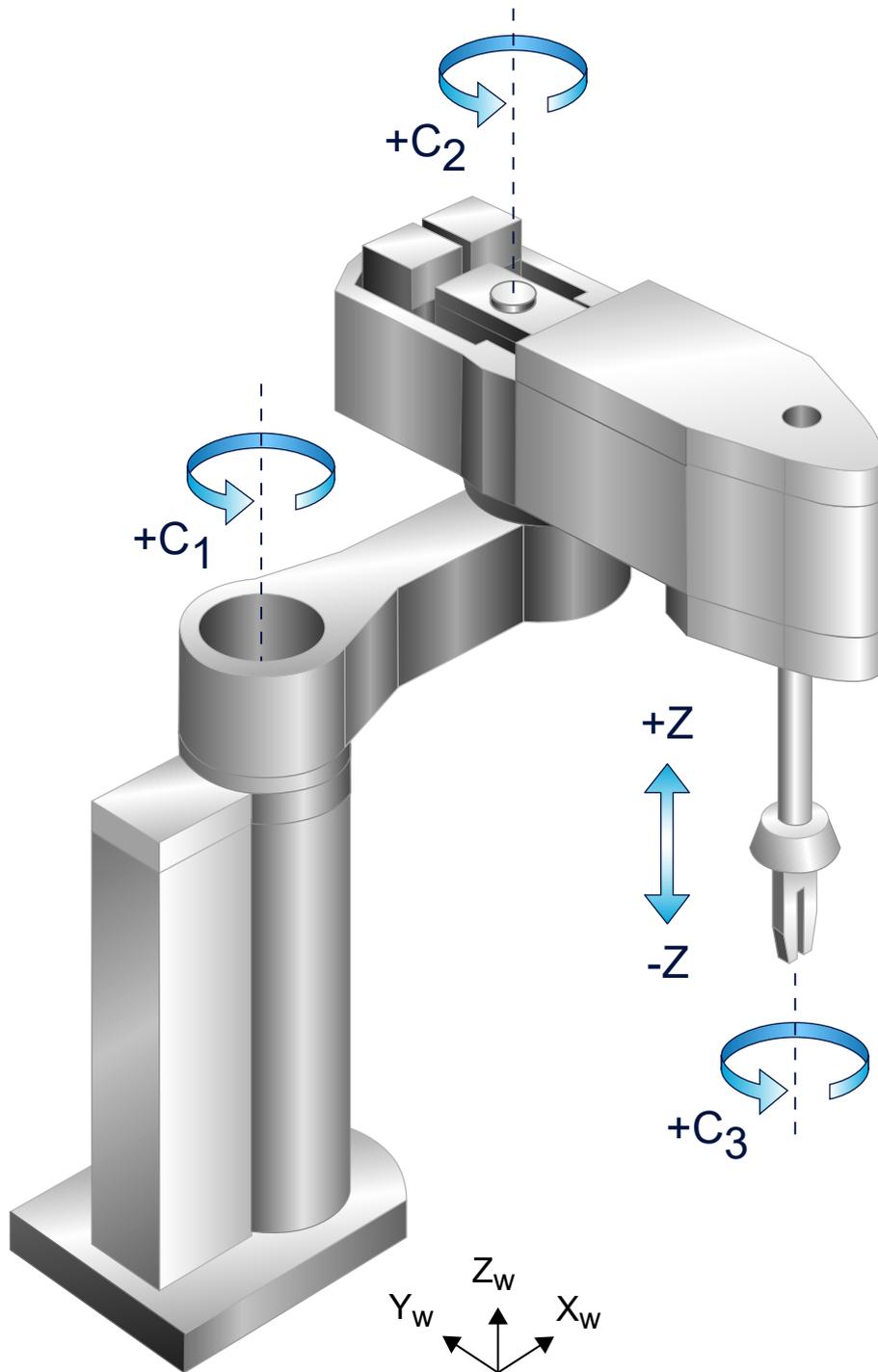


Abb. 125: SCARA Kinematik

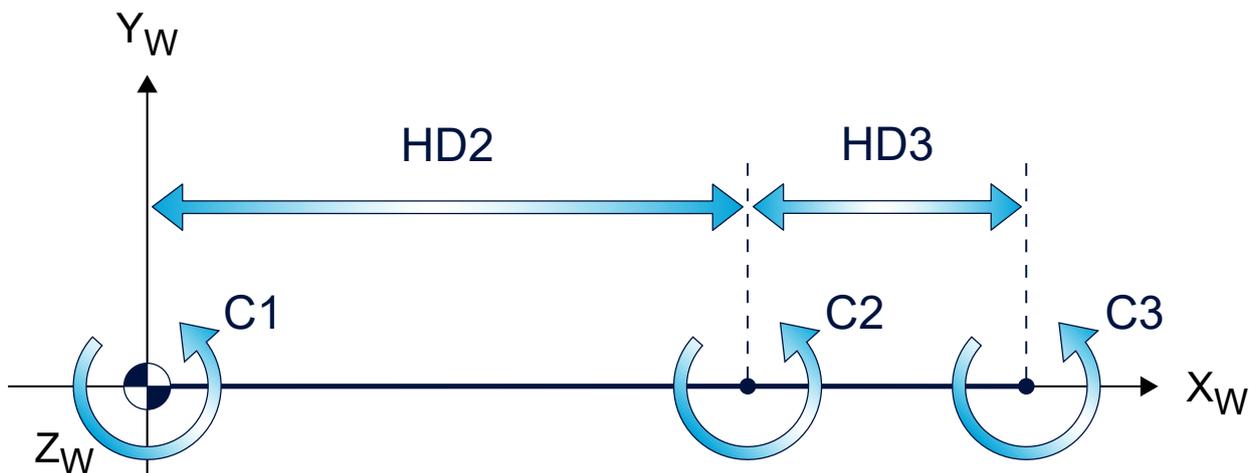


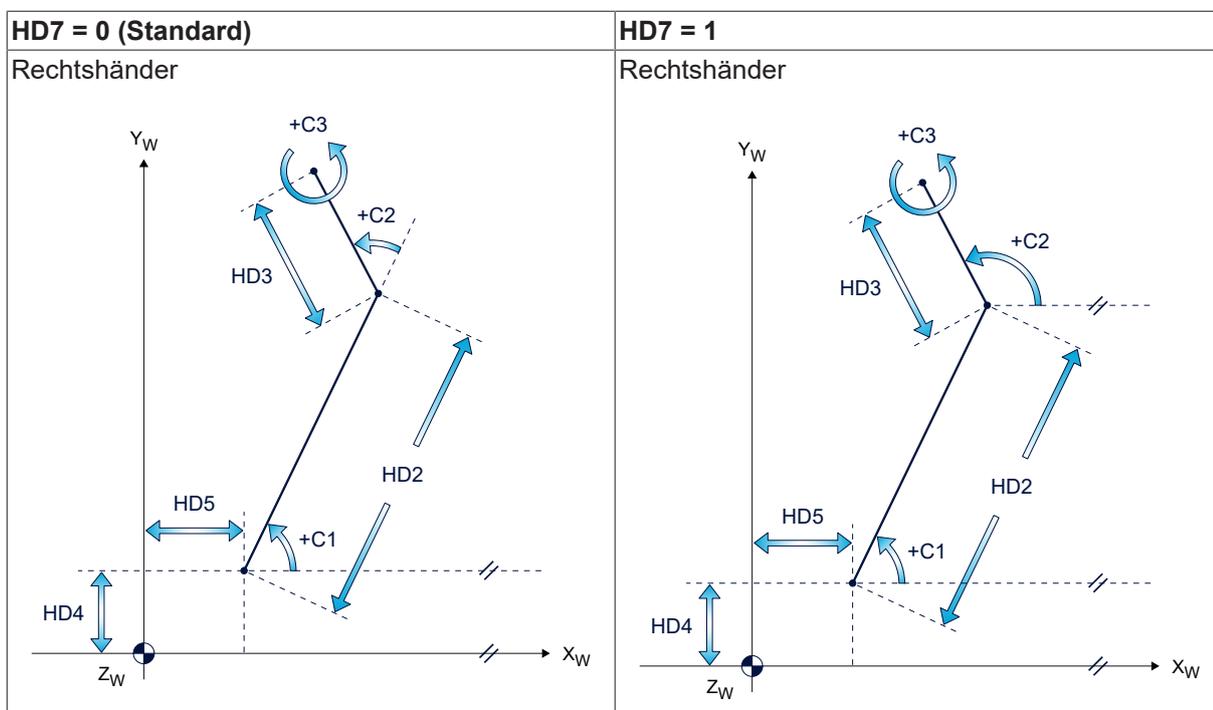
Abb. 126: SCARA Kinematik in Nullstellung ( $C1=0, C2=0, C3=0, HD8=0$ )

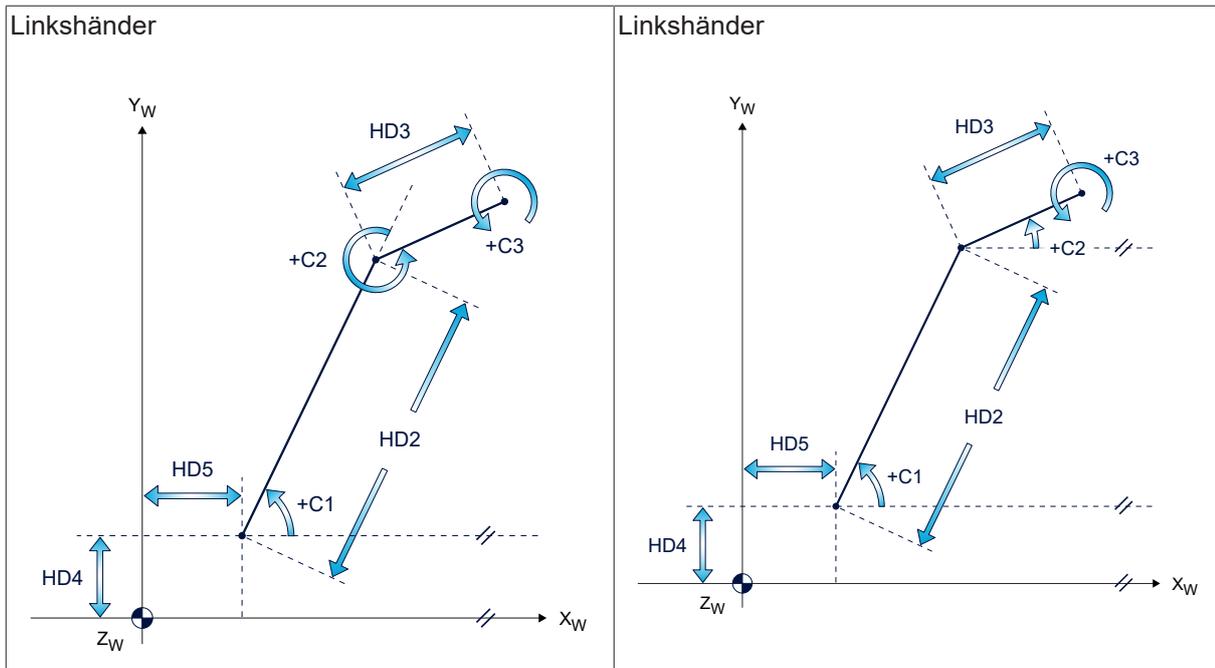
Abhängig von der Knickstellung des Robotergelenkes 2 ( $C2$ ) arbeitet der SCARA als Links- oder Rechtshänder. Die Maschinenachsstellung vor Anwahl der Transformation entscheidet also darüber, ob der SCARA als Rechts- oder Linkshänder positioniert. Ein Wechsel zwischen Links- und Rechtshänder ist bei inaktiver kinematischer Transformation möglich.

Über  $HD7$  kann der Bezug des Robotergelenkes 2 ( $C2$ ) festgelegt werden.

Im Standardfall  $HD7 = 0$  bezeichnet  $C2$  den Winkel zwischen der Verlängerung des ersten Arms und dem zweiten Arm. Bei  $HD7 = 1$  ist  $C2$  der Winkel zwischen der  $X$ -Achse und dem zweiten Arm.

$HD8$  ist ein rotatorischer Offset von  $C2$ . Damit ist es möglich, eine Nullstellung der Kinematik zu beschreiben, in der der SCARA nicht komplett ausgestreckt ist, sondern im zweiten Gelenk angewinkelt. Standardmäßig ist  $HD8=0$ .





**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	WZ Längenversatz in Z-Richtung	1.0 E-4 mm
HD2	1	Längenversatz von Gelenk 1 bis Gelenk 2	1.0 E-4 mm
HD3	2	Längenversatz Gelenk 2 bis Drehachse C3	1.0 E-4 mm
HD4	3	X-Versatz Nullpunkt C1 Achse	1.0 E-4 mm
HD5	4	Y-Versatz Nullpunkt C1 Achse	1.0 E-4 mm
HD6	5	Rotatorischer Offset C1 Achse	1.0 E-4°
HD7	6	Bezug des Robotergelenks von C2 0 = C2 als Offset zu C1 berechnen (Standard) 1 = C2 als Winkel zur X-Achse berechnen	[ - ]
HD8	7	Rotatorischer Offset C2 Achse	1.0 E-4°

### 3.2 KIN\_TYP\_37 – Delta-Roboter-Kinematik

Die als Delta-Roboter bezeichnete Stabkinematik besteht aus 3 um 120 Grad versetzt angeordneten rotatorischen Achsen die über Anlenkhebel jeweils 2 zueinander parallele Stäbe führen. Diese Stäbe wiederum führen die Werkzeugträgerplattform. Die Werkzeugorientierung ist konstant.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z (J1, J2, J3)	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2	
Kinematische Struktur		
	<b>Werkzeugachsen</b>	<b>Werkstückachsen</b>
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z	-



Abb. 127: Hängende Delta-Roboter-Kinematik

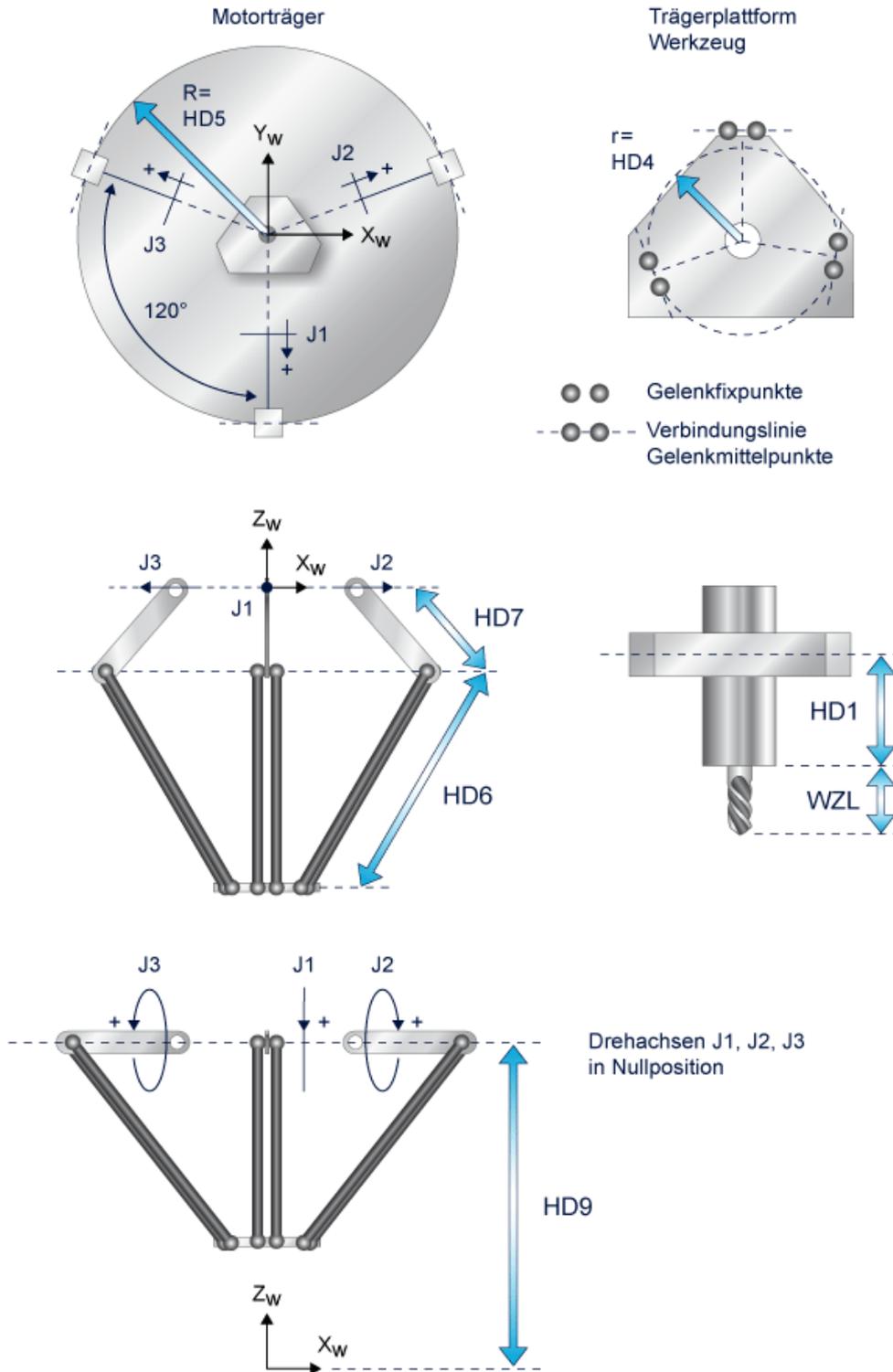


Abb. 128: Versatzmaße der Delta-Roboter-Kinematik

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Z Werkzeugversatz	1.0 E-4 mm
HD2	1	n.v.	[ - ]
HD3	2	n.v.	[ - ]
HD4	3	Radius zur Verbindungslinie der Gelenkfixpunkte unten	1.0 E-4 mm
HD5	4	Radius zur Verbindungslinie der Gelenkfixpunkte oben	1.0 E-4 mm

HD6	5	Stab- / Armlänge unten	1.0 E-4 mm
HD7	6	Stab- / Armlänge oben (Anlenkhebel)	1.0 E-4 mm
HD8	7	Winkeloffset Nullstellung J1 (ideale Nulllage oberer Arm waagrecht )	1.0 E-4°
HD9	8	Winkeloffset Nullstellung J2 (ideale Nulllage oberer Arm waagrecht )	1.0 E-4°
HD10	9	Winkeloffset Nullstellung J3 (ideale Nulllage oberer Arm waagrecht )	1.0 E-4°
HD11	10	Begrenzung minimaler Gelenkwinkel J1..J3	1.0 E-4°
HD12	11	Begrenzung maximaler Gelenkwinkel J1.. J3	1.0 E-4°
HD13	12	Z Nullpunktoffset kart. Werkstückkoordinatensystem	1.0 E-4 mm

Das kartesische Koordinatensystem liegt im Nullpunkt des Motorträgers. Über den Parameter HD11 kann der Nullpunkt des Systems so verschoben werden, dass sich der Nullpunkt unterhalb des Motorträgers und der Werkzeugträgerplattform befindet.

Standardmäßig müssen die Anlenkhebel der Stäbe in Nullstellung der Antriebe waagrecht liegen. Ist dies nicht der Fall, so kann über die Parameter HD8, HD9 und HD10 die Winkelnullstellung für das interne kinematische Modell korrigiert werden. Bei positiver Drehung aller Drehachsen bewegt sich der TCP in negativer Z-Richtung.

Beispiel: Anlenkhebel in waagerechter Position, Position der Antriebe: 900000 [ 1.0 E-4° ]

HD8, HD9, HD10: 900000 [ 1.0 E-4° ]



**Diese kinematische Transformation wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Esslingen ([www.hs-esslingen.de](http://www.hs-esslingen.de)) entwickelt.**

### 3.3 KIN\_TYP\_45 – Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik

#### Kinematische Struktur

Gelenkarmroboter mit 6 Maschinenachsen. Alle Gelenkachsen des Roboters bis auf die Handachsen A1 und A2 sind Linearachsen. Die Achsen A1 und A2 sind Moduloachsen mit 0..180, 0...-180 Grad Bereich. Sofern kein Schleppkabel zu berücksichtigen ist, kann auch die Gelenkachse C1 als Moduloachse eingestellt werden.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, A, B, C (C1, B1, B2, A1, B3, A2)	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	<b>Werkzeugachsen</b>	<b>Werkstückachsen</b>
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z, A, B, C	-

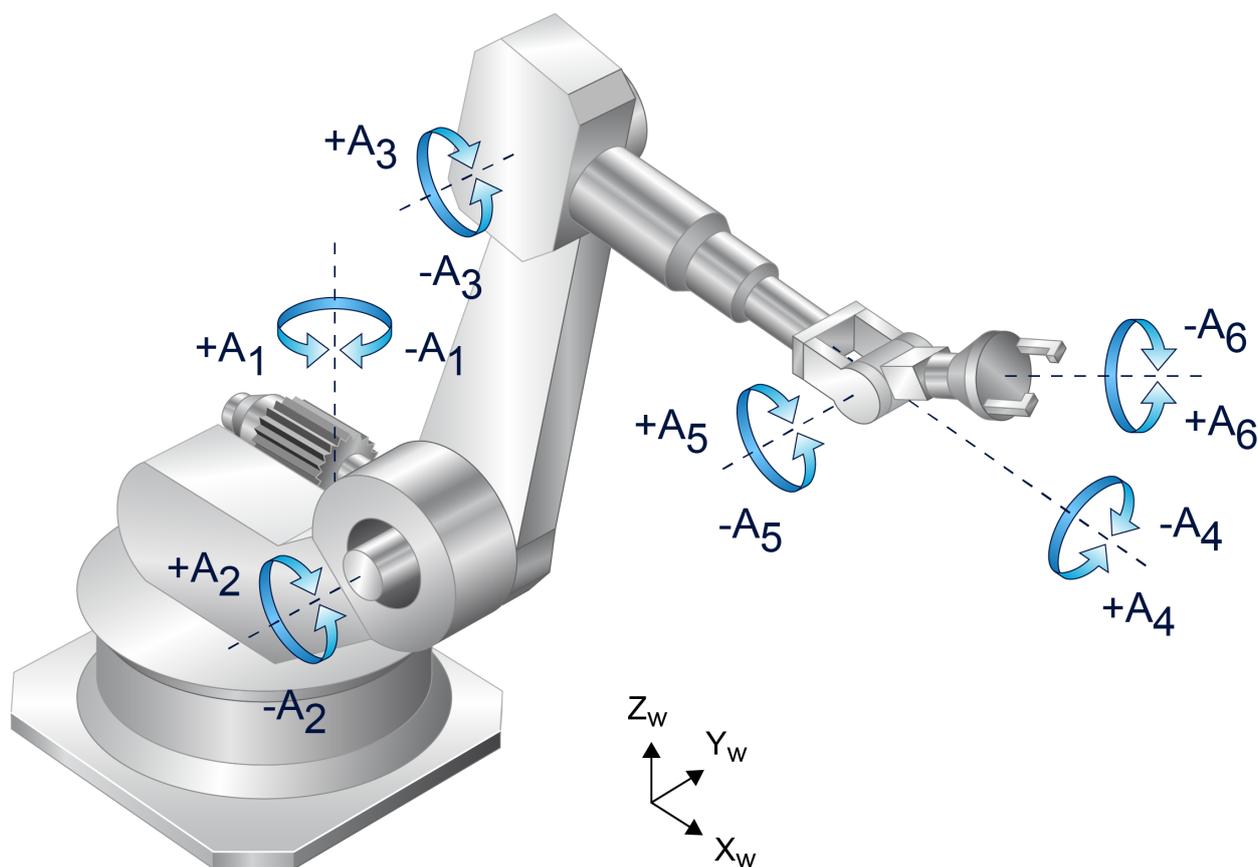


Abb. 129: 6-achsiger Gelenkarmroboter

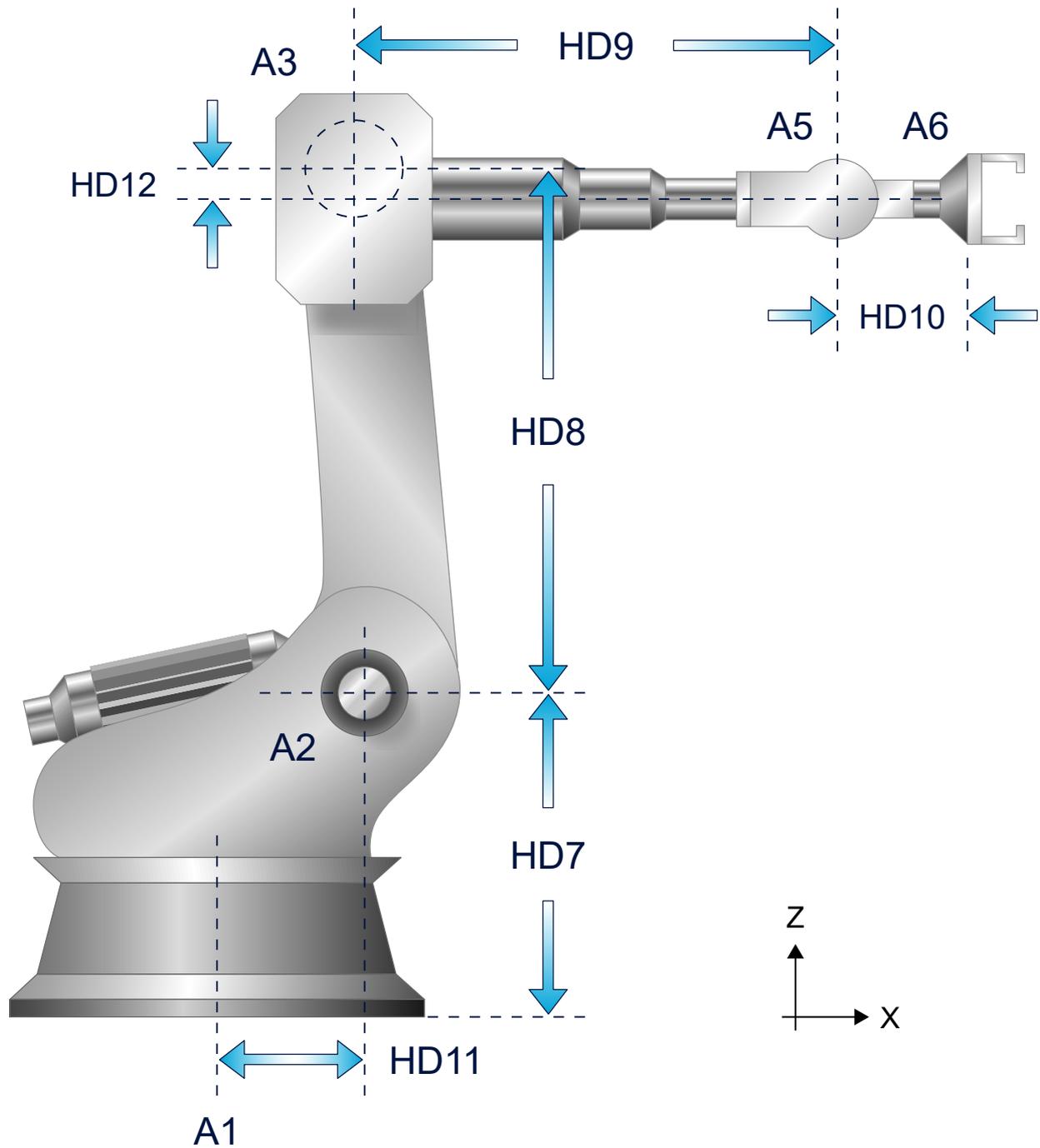


Abb. 130: HD-Versatzdaten in der Seitenansicht

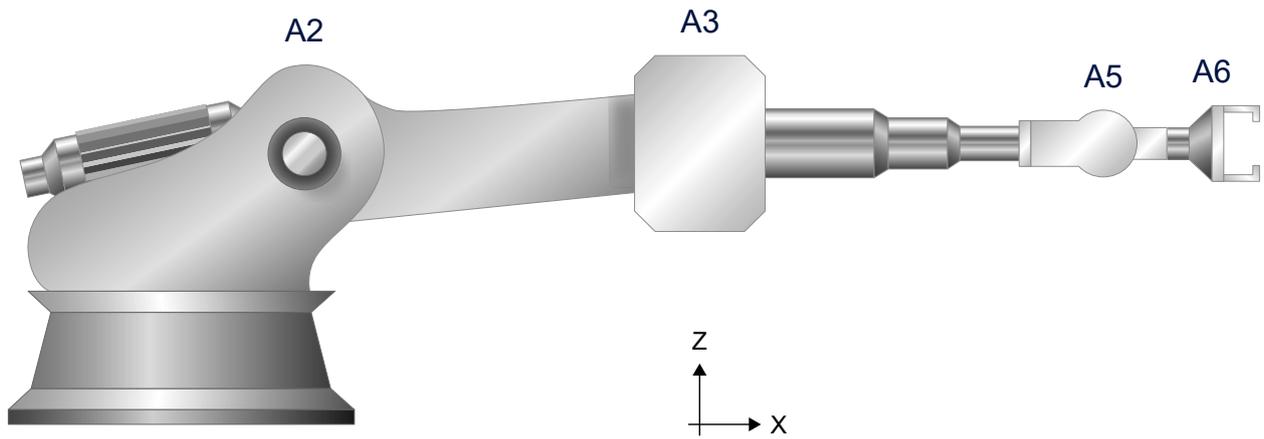


Abb. 131: Nullstellung für HD14 und HD15

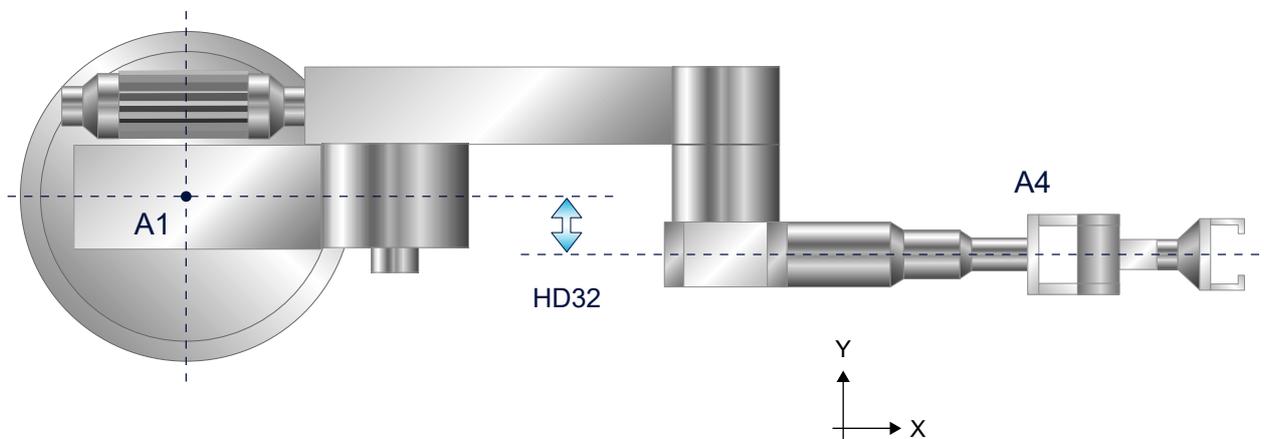


Abb. 132: Gelenkarmroboter in der Draufsicht

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeug-Z-Versatz im <u>Flanschkoordinatensystem</u> [▶ 189] (Variante 1)	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeug-X-Versatz im <u>Flanschkoordinatensystem</u> [▶ 189] (Variante 1)	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeug-Y-Versatz im <u>Flanschkoordinatensystem</u> [▶ 189] (Variante 1)	1.0 E-4 mm
HD4	3	Winkel für Werkzeugrotation um die X"-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Winkel für Werkzeugrotation um die Y'-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	Winkel für Werkzeugrotation um die Z-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	Z-Versatz vom Nullpunkt des kartesischen Raumkoordinatensystems zum Drehpunkt der Gelenkachse 2	1.0 E-4 mm
HD8	7	Z-Versatz von der Drehachse Gelenk 2 bis zur Drehachse Gelenk 3	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Versatz von der Drehachse Gelenk 3 bis zur Drehachse Gelenk 5	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz vom Handachsen Gelenk 5 bis zur Flanschfläche auf Gelenk 6	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz vom Nullpunkt des kartesischen Raumkoordinatensystems zum Drehpunkt Gelenkachse 2	1.0 E-4 mm

HD12	11	Z-Versatz von der Drehachse Gelenk 5 bis zur Drehachse Gelenk 3. Bitte Hinweis unter der Tabelle beachten.	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 2 (siehe Winkeloffset)	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 3 (siehe Winkeloffset)	1.0 E-4°
HD21	20	Drehrichtung der Gelenkachse 1: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD22	21	Drehrichtung der Gelenkachse 2: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD23	22	Drehrichtung der Gelenkachse 3: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD24	23	Drehrichtung der Gelenkachse 4: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD25	24	Drehrichtung der Gelenkachse 5: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD26	25	Drehrichtung der Gelenkachse 6: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD31	30	Flanschkoordinatensystem <a href="#">▶ 189</a> : 0 (Variante 1) 1 (Variante 2)	[ - ]
HD32	31	Y-Versatz von der Drehachse Gelenk 4 bis zur Drehachse Gelenk 1. Bitte Hinweis unter der Tabelle beachten.	1.0 E-4 mm

HD33	32	Flag zum Steuern der Bearbeitungsart 0: Standard 1: Bewegtes Werkstück  Sobald der Parameter HD33 gesetzt ist, wird die Bearbeitungsweise auf die des bewegten Werkstückes gewechselt. Es ist daher zu empfehlen, diesen erst mit der Anwahl des festen Werkzeugs zu setzen und den Roboter bereits entsprechend zu positionieren, oder diesen Parameter über die Werkzeugverwaltung zu setzen.	[ - ]
HD34	33	Werkzeuflängenverrechnungsrichtung 0: keine (Standard) 1: -Z 2: -X 3: -Y 4: Z 5: X 6: Y  Standardmäßig wird bei der Anwahl eines Werkzeuges, bei aktiver Kinematik 45, die eingetragene Werkzeuflänge nicht eingerechnet. Ist dieser Parameter ungleich 0, so wird die Werkzeuflänge in die eingestellte Richtung eingerechnet.	[ - ]
HD35	34	Rotationsreihenfolge der Werkzeugorientierung HD4-6 0: Z Y' X'' (Standard) 1: X Y' Z''	[ - ]
HD36	35	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 1	1.0 E-4°
HD37	36	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 4	1.0 E-4°
HD38	37	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 5	1.0 E-4°
HD39	38	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Robotergelenkachse 6	1.0 E-4°



**Bei Parameter HD12 und HD32 ist das Vorzeichen korrekt zu setzen.**

**HD12:** Vorzeichen positiv, die Drehachse von Gelenk 3 liegt in positiver Z-Richtung **oberhalb** der Drehachse von Gelenk 5

**HD32:** Vorzeichen positiv, die Drehachse von Gelenk 1 liegt in positiver Y-Richtung **oberhalb** der Drehachse von Gelenk 4

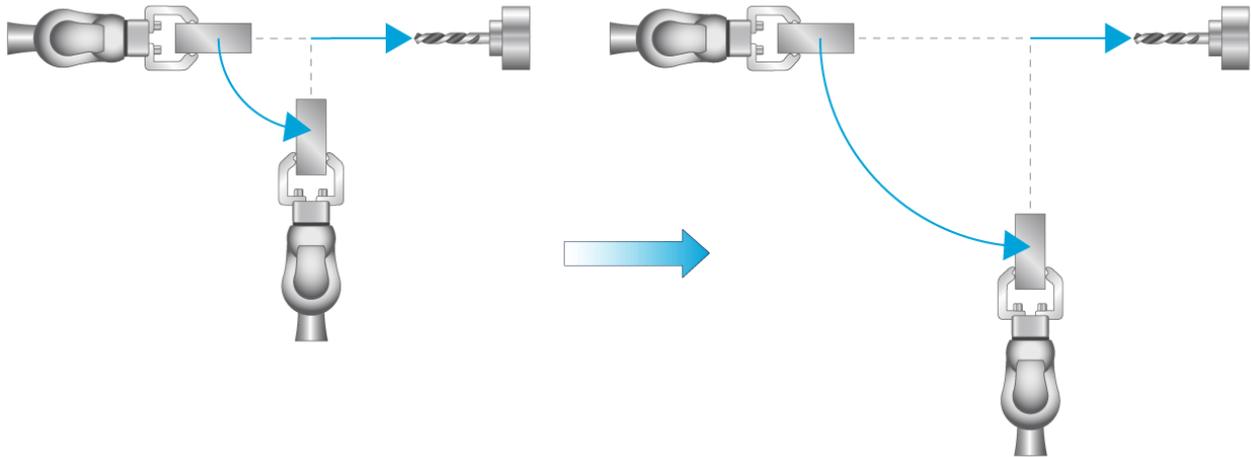
Als Alternative zur achsspezifischen Positionierung können auch Roboterposen angegeben werden, siehe [PROG// [Status & Turn \(IS, IT\)](#) [▶ [\\_190](#)]].

Weitere Informationen zu den Versatzdaten der Kinematik siehe [CMS-A2].

### 3.3.1 Bewegtes Werkstück

Das bewegte Werkstück ist eine Unterfunktion der Kinematik 45. Sie ermöglicht das Steuern eines Industrieroboters bei dem das Werkstück am Flansch angebracht ist mit einem Standardbearbeitungsprogramm, während das (Fräs-) Werkzeug fest im Raum positioniert ist.

**i** Je weiter der Roboter vom festen Werkzeug entfernt ist, desto größer wird die Bewegung des Roboters beim Verändern der Orientierung ABC.



Die Aktivierung dieser Funktion wird durch den Kinematikparameter HD33 der Kinematik 45 getätigt.

#### Setup – Werkzeug

Die Werkzeugparameter können bei der Kinematik 45 direkt in den Parametern HD1-6 eingetragen werden oder über ein entsprechendes Werkzeug via Werkzeug-Kopf-Versätzen bei der Anwahl des Werkzeuges aktiviert werden.

Werkzeug-Kopf-Versätze werden zu den Kinematikparametern addiert (es findet keine Verkettung statt). Bei Benutzung dieser Funktionalität wird empfohlen, die Parameter HD1-6 in der Kanalparameterliste auf „0“ zu setzen.

#### Beispiel Parametrierung HD1-3 des festen Werkzeuges:

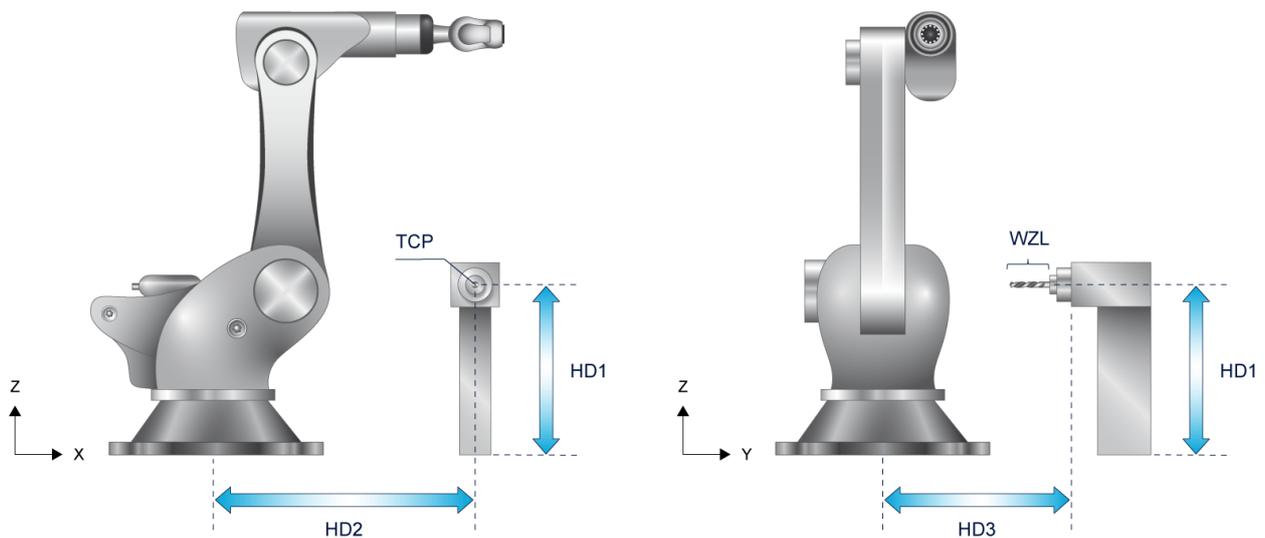


Abb. 133: Werkzeugversätze des fest positionierten Werkzeuges

**Beispiel: Parametrierung HD4-6 des festen Werkzeuges :**

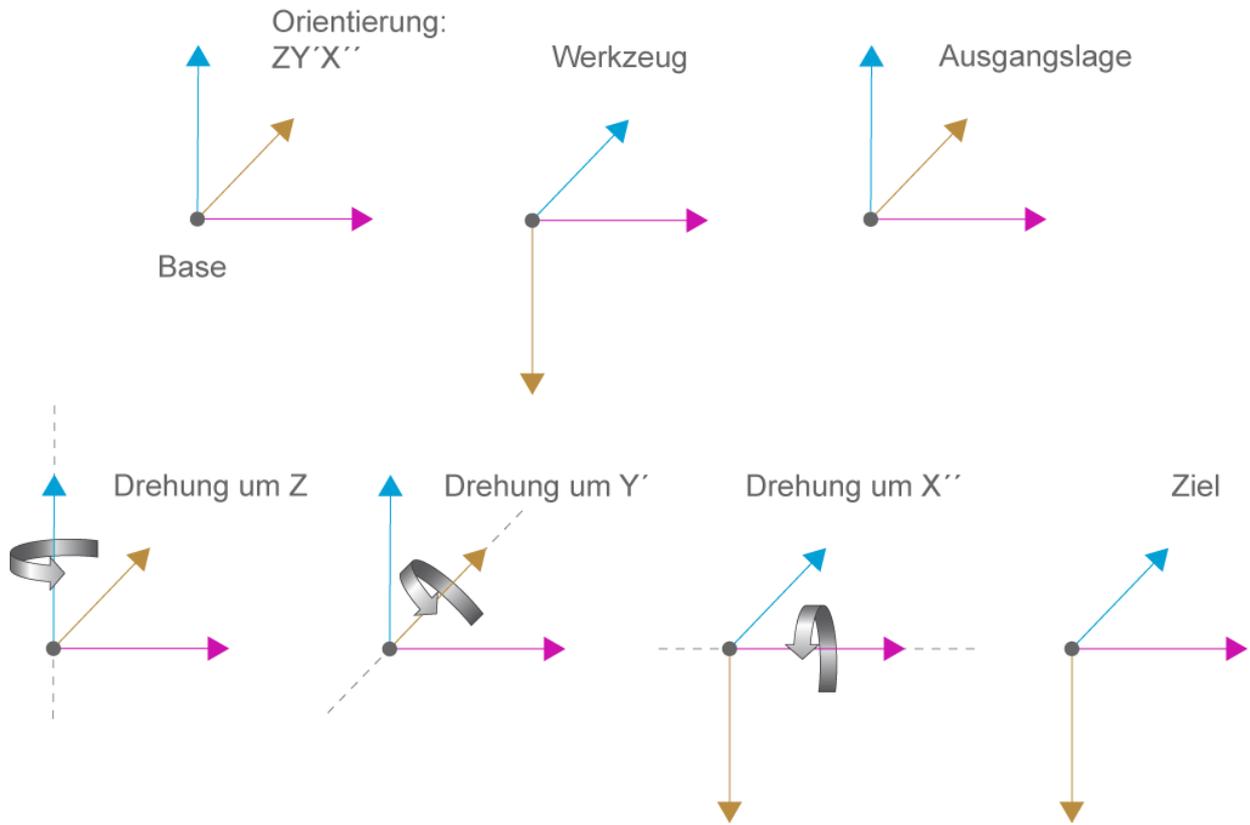


Abb. 134: Vorgehen beim Festlegen der Orientierung mit Rotationsreihenfolge Z Y' X''

**Setup – Werkstück**

Verschiebungen des Koordinatensystems ins Werkstück haben bei dem bewegten Werkstück nun als untersten Bezugspunkt das Flanschsystem des Roboters.

Jede weitere Verschiebung/Drehung verhält sich wie gewohnt.

Es kann immer nur ein Werkzeug aktiv sein. Beim bewegten Werkstück ist dies das Bearbeitungswerkzeug. Ein Greifer am Flansch kann über eine Verschiebung (z.B. #CS) festgelegt werden.

Das folgende Beispiel der Parametrierung bezieht sich auf die Standard-Flansch-Orientierung (HD 31 = 0).

Flanschsystem

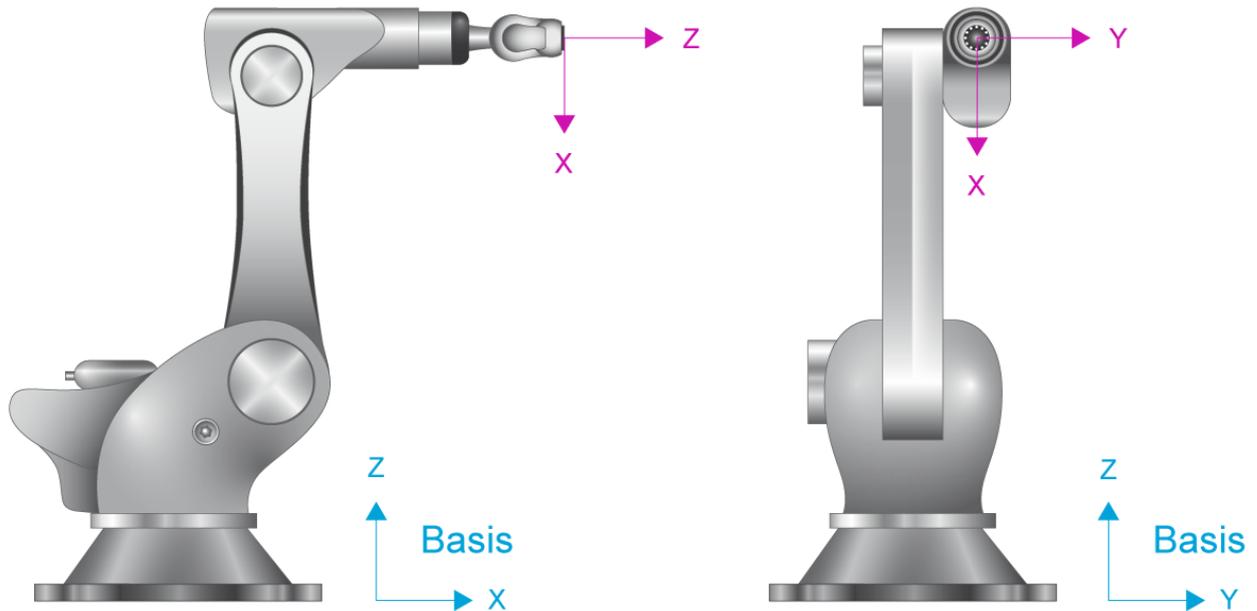


Abb. 135: Die Orientierung des Roboterflansches und der Welt

Verschiebung im Flanschsystem

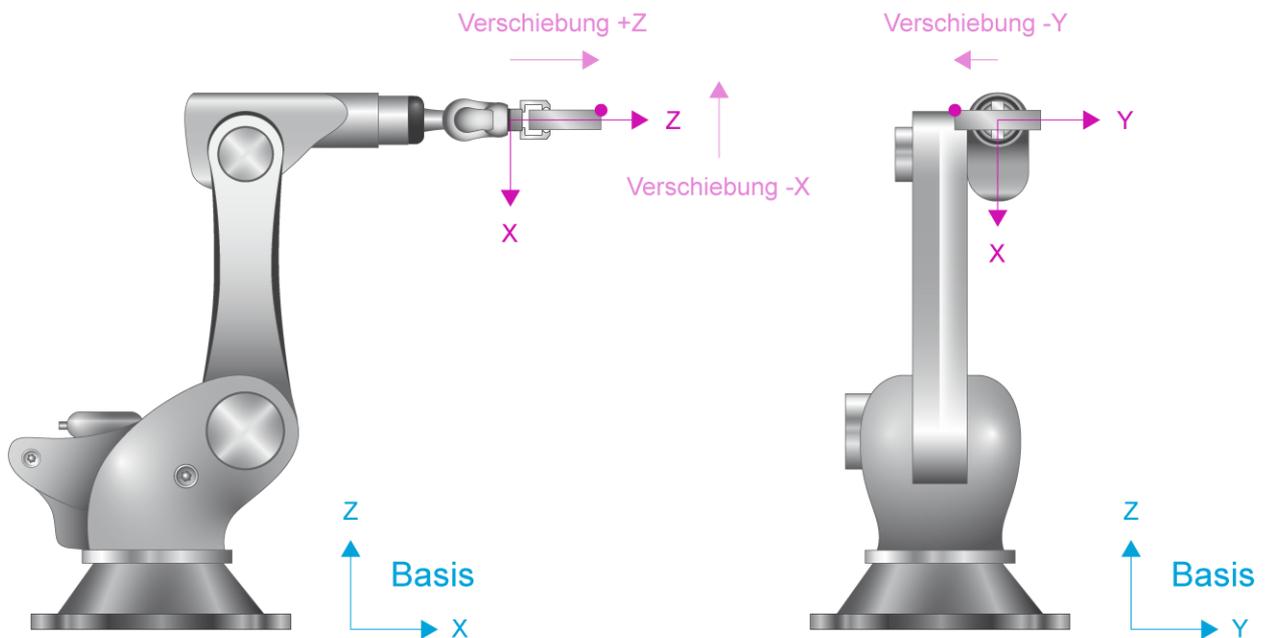
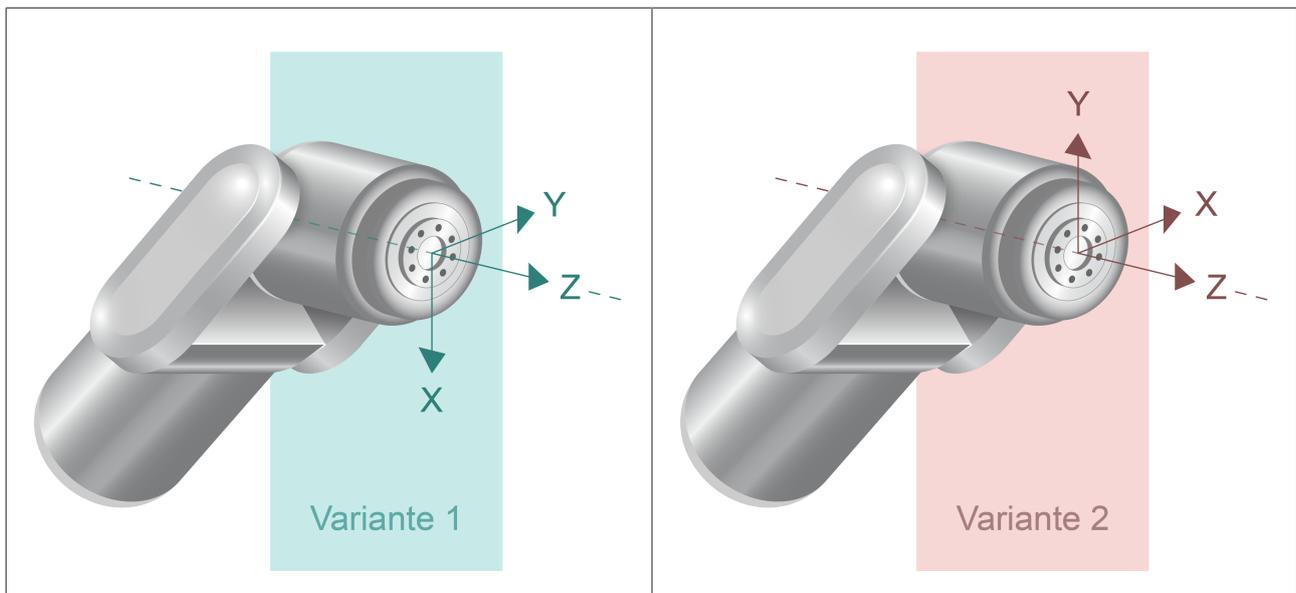


Abb. 136: Verschiebung vom Flansch zum schwarzen Punkt im Werkstück

### 3.3.2 Flanschkoordinatensystem

Aus Kompatibilitätsgründen kann die Orientierung des Flanschkoordinatensystems von der Variante 1 (Standard) auf die Variante 2 zurückgeschaltet werden.

Listenparameter	Bedeutung
kinematik[45].param[30]	0: Variante 1, Standard (KUKA, Stäubli) 1: Variante 2



### 3.3.3 Status & Turn (IS, IT)

Als Alternative zur achsspezifischen Positionierung und zur genaueren Positionsvorgabe einer #PTP Bewegung bei Industrierobotern besteht die Option, die Roboterpose zu der entsprechenden kartesischen Position mit anzugeben.

Die Roboterpose wird hierfür mit Hilfe des Status (IS) beschrieben.

Zusätzlich können die Vorzeichen der Achspositionen mit Hilfe des Turn (IT) beschrieben werden.

Die Programmierung von Turn ohne Status ist nicht zulässig.



Die Roboterpositionierung mit Status & Turn steht nur für den [Kinematiktyp 45](#) [▶ [182](#)] zur Verfügung.

#### Status-Bit

Eine Übersicht der Roboterposen ist unter [Posen der Kinematik des Sechssachs-Gelenkarmroboters](#) [▶ [195](#)] zu finden.

Die Pose des Roboters wird in 3 Kriterien unterteilt. Trifft ein Kriterium zu, wird ein entsprechender Zahlenwert zum Status hinzugefügt.

**1. Kriterium:** Befindet sich die Handwurzel hinter Achse A1, wird dezimal 1 bzw. binär 1 addiert (im Bild links gelber Bereich)

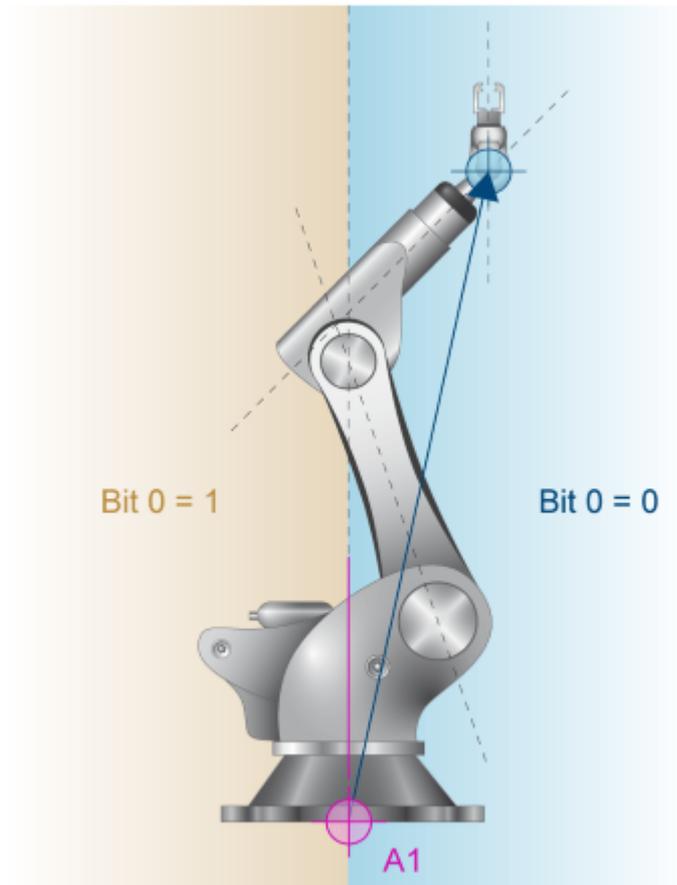


Abb. 137: Der Schnittpunkt der Handachsen (Pfeilspitze) liegt im (blauen) Grundbereich

**2. Kriterium:** Befindet sich die Handwurzel vor der Geraden durch die Achsen A2 und A3, wird dezimal 2 bzw. binär 10 addiert (Bild Mitte u. Rechts).

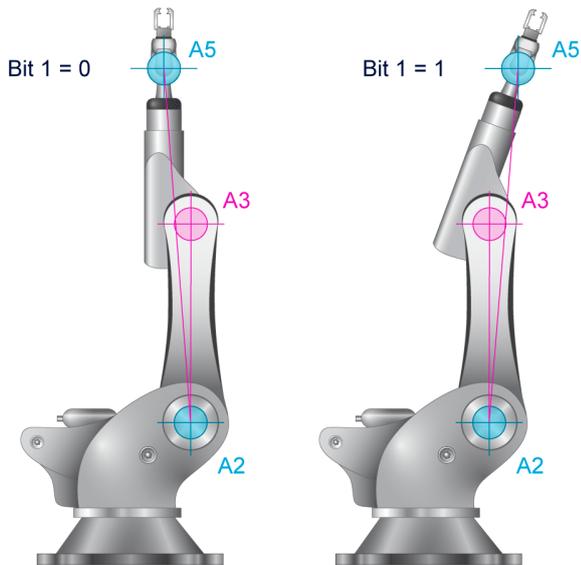


Abb. 138: Status-Bit 1 für Roboter mit einem Offset zwischen Achse A3 und Achse A5

**3. Kriterium:** Gibt Position von Achse A5 an. Ist  $A5 < 0$ , wird dezimal 4 bzw. binär 100 addiert.

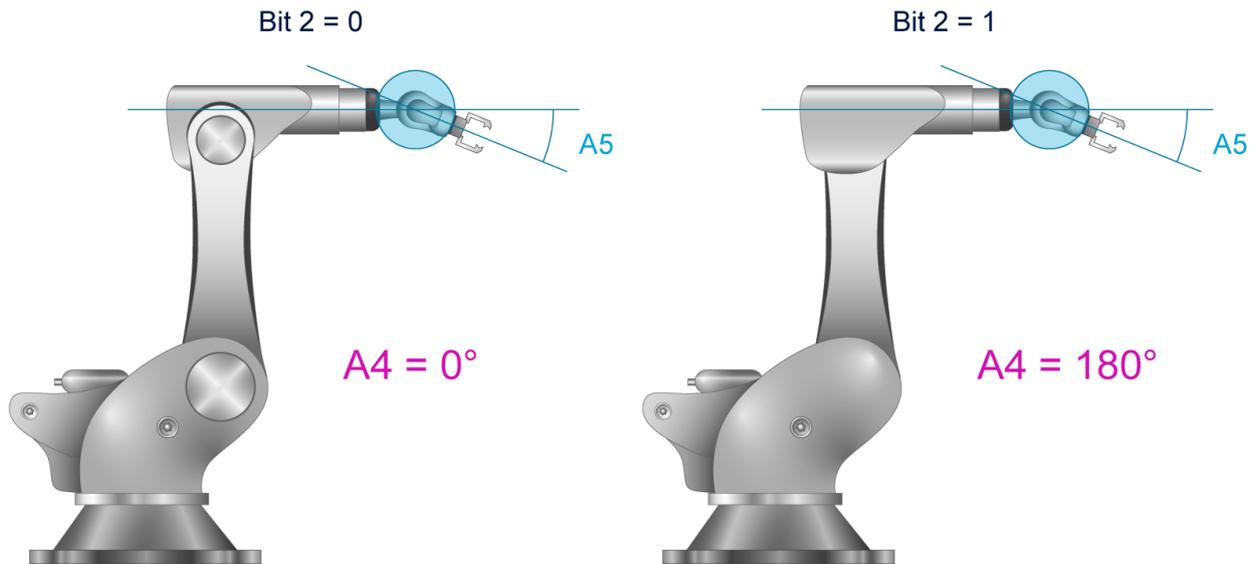


Abb. 139: Status-Bit 2 bei Achswinkelstellung  $A4=0^\circ$  und  $A4=180^\circ$

**Turn-Bit (optional)**

Der optionale Turn-Wert listet die negativen Vorzeichen der Achswinkel auf.

Betrachtet man den Turn-Wert in einer binären Darstellung, wird das Vorzeichen jedes Achswinkels einem Bit zugeordnet. Diese werden dann zu einer Zahl, dem Turn, addiert.

Ist der Achswinkel einer Achse  $< 0^\circ$  ist der Wert 1.

	A6 $< 0^\circ$	A5 $< 0^\circ$	A4 $< 0^\circ$	A3 $< 0^\circ$	A2 $< 0^\circ$	A1 $< 0^\circ$
Binär	100000	010000	001000	000100	000010	000001
Dezimal	32	16	8	4	2	1

Sind so alle 6 Achswinkel im negativen Bereich, ergibt sich ein Turn-Wert von dezimal 63 bzw. binär 111111, entsprechend bei 6 positiven Achswinkeln dezimal 0 und binär 000000.



**Der Turn-Wert muss mit dem Status-Wert konsistent sein.**

Beispielsweise beschreibt eine 1 im Status-Bit 2 einen negativen A5-Winkel. Wird zusätzlich das A5-Turn-Bit auf 0 (positiver A5-Winkel) gesetzt, widersprechen sich der Status- und der Turn-Wert. In solch einem Fall wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

**Beschreibung**

Zur eindeutigen Programmierung der Roboterposen ([Kin\\_Typ 45 \[182\]](#)) mit kartesischen Zielkoordinaten einer PTP-Bewegung stehen die zusätzlichen Parameter Status & Turn zur Verfügung.

Syntax Programmierung Status & Turn mit den Prefixen „IS“ und „IT“ (optional):

```
#PTP ON
G.. X.. Y.. ... IS.. IT..
#PTP OFF
```

Binärzahlen können mit der folgenden Syntax programmiert werden:

'B<0...1>', oder '2#<0...1>', bzw. '02#<0...1>'.

Bei Verwendung von Binärzahlen ergibt sich somit die folgende Syntax:

```
Status: IS'Bxxx'
Turn: IT'Bxxxxxx'
```

Bei Verwendung von Dezimalzahlen ergibt sich die folgende Syntax:

```
Status: IS<expr>
Turn: IT<expr>
```

**Anzeigewerte**

Folgende CNC-Objekte stehen für diese Funktionalität zur Verfügung:

- mc\_st\_valid\_r: Gültigkeit des Status & Turn-Werts (Task COM- Indexgruppe 0x12010<C<sub>ID</sub>> Indexoffset 0xB1)
- mc\_st\_status\_r: Status-Wert der Kinematik 45 (Task COM- Indexgruppe 0x12010<C<sub>ID</sub>> Indexoffset 0xB2)
- mc\_st\_turn\_r: Turn-Wert der Kinematik 45 (Task COM- Indexgruppe 0x12010<C<sub>ID</sub>> Indexoffset 0xB3)



**Sind Status & Turn nicht programmiert, wird der Zielpunkt auf Achswinkelenebene per "Shortest Way-Strategie" ermittelt.**

### Status & Turn mit Binärzahlen programmiert

```
N010 #PTP ON
N020 G01 X1100 Y0 Z1400 A0 B90 C0 IS'B010' IT'B000010' F5000
N030 G01 X1200 ;Zielpunkt wird per Shortest Way ermittelt
N040 #PTP OFF
```

### Status & Turn mit Dezimalzahlen programmiert

```
N010 #PTP ON
N020 G01 X1000 Y0 Z1400 A0 B90 C0 IS2 IT2 F5000
N030 #PTP OFF
N040 G01 X1500
N050 G01 Y1000
N060 G01 X-1000
N070 #PTP ON
N080 G01 X-1000 Y-1000 ;Zielpunkt wird per Shortest Way ermittelt
N090 #PTP OFF
```

## 3.3.4 Singularitäten beim Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik

Es können drei Arten von Singularitäten unterschieden werden:

1. Handgelenksingularität
2. Ellenbogensingularität
3. Schultersingularität

### Handgelenksingularität

Diese tritt auf, wenn der Winkel A5 (Achse B3) gleich Null ist.

### Ellenbogensingularität

Die Ellenbogensingularität tritt auf, wenn sich das Handgelenk/ die Handwurzel auf der Geraden, die durch die Achsen B1 und B2 verläuft, befindet. Für  $HD_{12} = 0$  entspricht dies einem Winkel A3 (Achse B2) gleich Null.



Abb. 140: Ellenbogensingularität

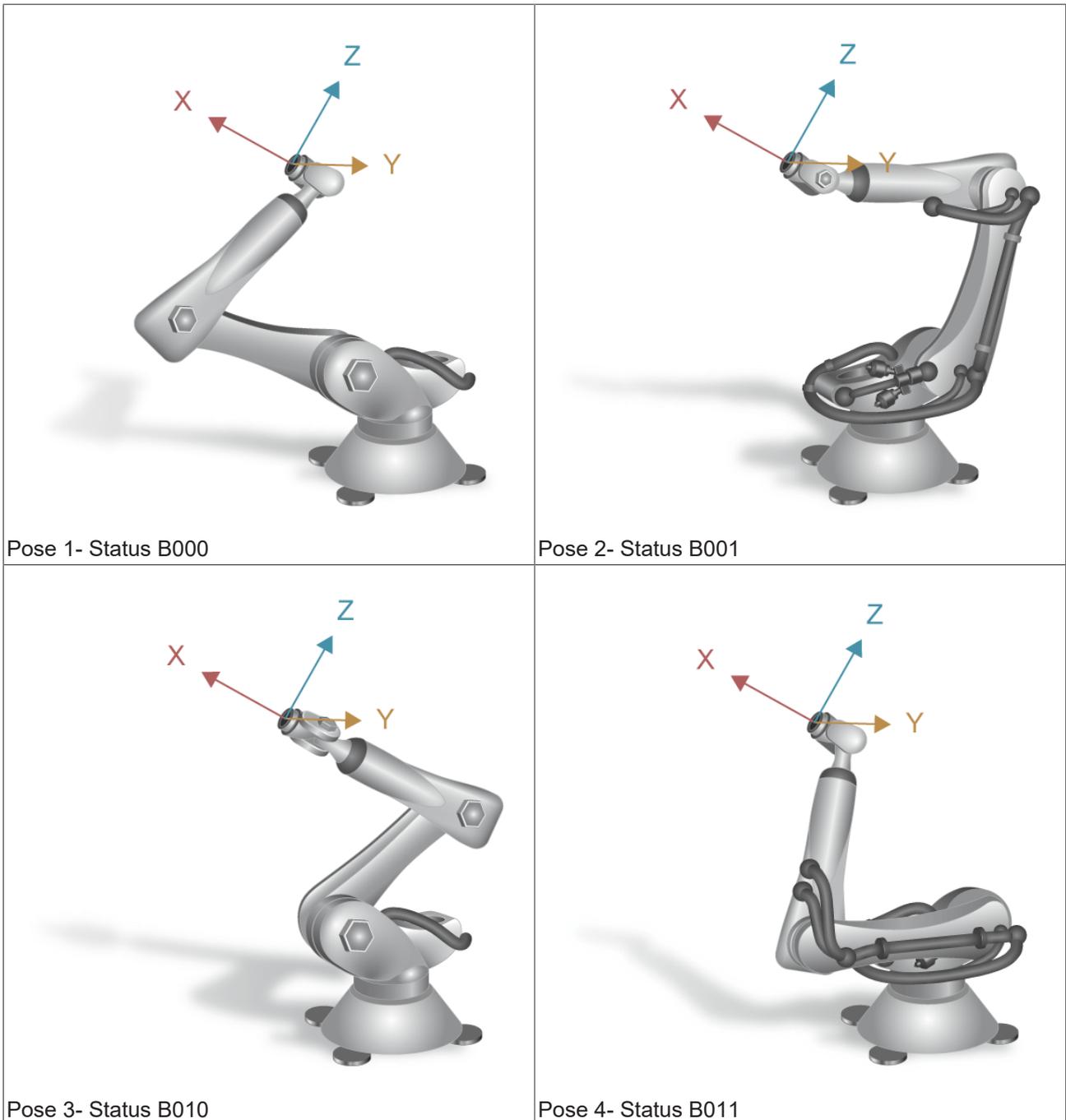
### Schultersingularität

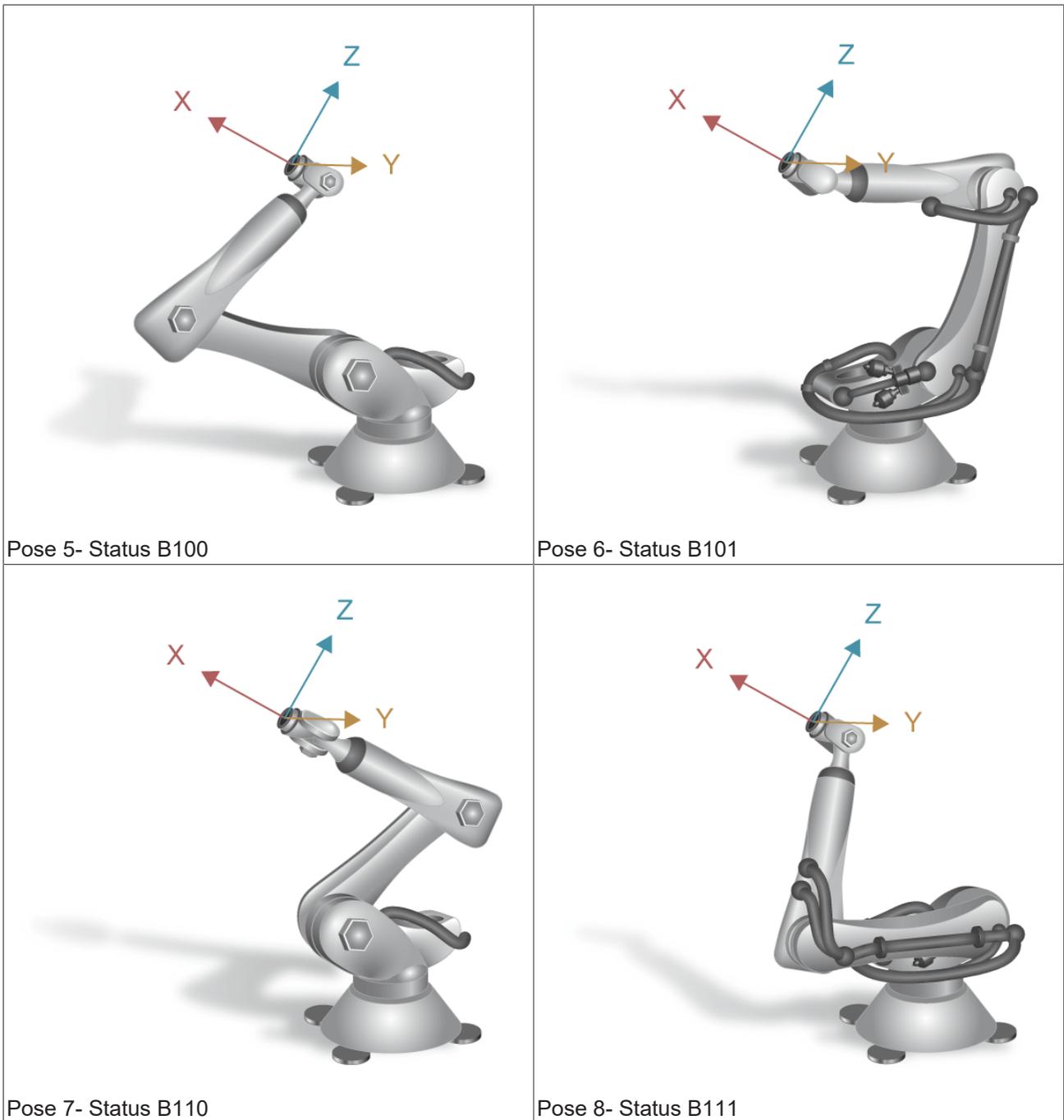
Die Schultersingularität tritt für  $HD_{32} = 0$  auf, wenn sich das Handgelenk/ die Handwurzel auf der verlängerten C1-Achse befindet.

Für  $HD_{32} \neq 0$  tritt die Schultersingularität auf, wenn sich das Handgelenk/ die Handwurzel auf dem Zylindermantel mit Radius  $HD_{32}$  um die C1-Achse befindet.

### 3.3.5 Posen der Kinematik des Sechssachs-Gelenkarmroboters

Mit Pose wird die Position und Ausrichtung des TCP bezeichnet. Die hier vorliegende Sechssachs-Gelenkarmroboter-Kinematik (KIN\_TYP\_45) kann eine Pose mit bis zu acht verschiedenen Gelenkkonfigurationen erreichen.





Mit dem Posen-Status werden die möglichen Gelenkkonfigurationen identifiziert.



**Bei aktiver Transformation kann der Roboter seinen Posenstatus nicht ändern.**

## KIN\_TYP\_96 - Palletierroboter-Kinematik

### Kinematische Struktur

Die Gelenkachsen sind von 1 bis 4 nummeriert. Achse 1 rotiert um die Z-Achse des kartesischen Koordinatensystems. Der Roboter ist in der Nullposition aller Gelenkachsen dargestellt.

Die Drehung in positiver Richtung entspricht der mathematisch positiven Drehrichtung im kartesischen Koordinatensystem. Die Gelenkachsen G1, G2, G3 müssen als Linearachsen konfiguriert sein (mit begrenztem Bewegungsbereich). Die Gelenkachse G4 muss als Moduloachse im Bereich  $-180^\circ$  bis  $+180^\circ$  konfiguriert sein.

Die Transformation darf nur mit korrekt eingestellten Softwareendschaltern benutzt werden. Insbesondere die Endschalter von Achse 3 hängen von den Bewegungen von Achse 2 ab. Ohne Endschalter kann diese Transformation den Roboter beschädigen!

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, C (G1, G2, G3, G4)	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z, C	-

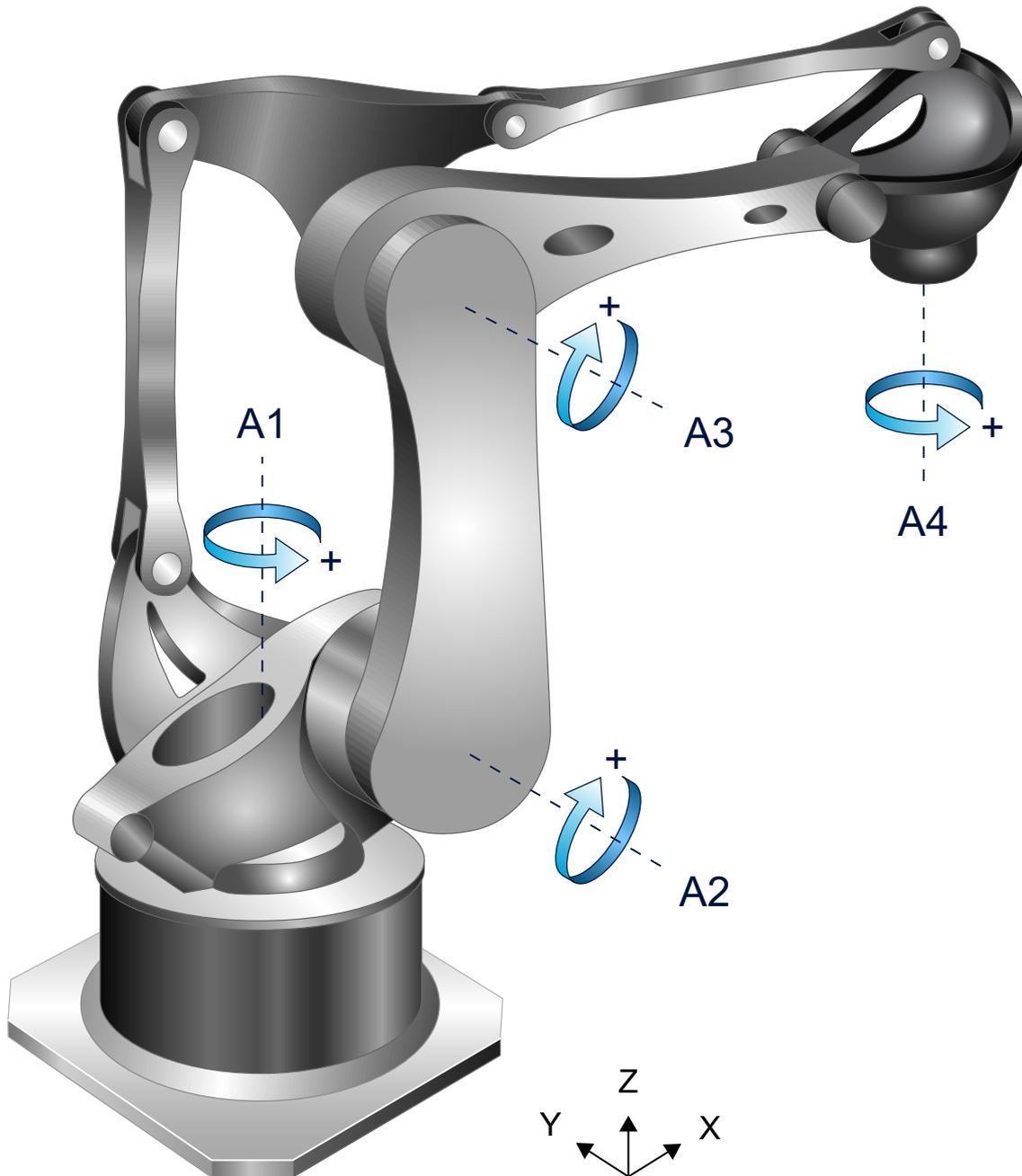


Abb. 141: 4-achsiger Palletierroboter

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	X-Versatz Gelenkachse G2	1.0 E-4 mm
HD2	1	Z-Versatz Gelenkachse G2	1.0 E-4 mm
HD3	2	Länge des ersten Arms (Abstand zwischen G3 und G2)	1.0 E-4 mm
HD4	3	Y-Versatz zwischen G2 und G1	1.0 E-4 mm
HD5	4	Länge des zweiten Arms (Abstand zwischen dem rechten Gelenk des zweiten Arms und G3)	1.0 E-4 mm
HD6	5	Kopflänge (Abstand zwischen G4 und dem rechten Gelenk des zweiten Arms)	1.0 E-4 mm
HD7	6	Y-Versatz des Werkzeugs zu G4	1.0 E-4 mm
HD8	7	X-Versatz des Werkzeugs zu G4	1.0 E-4 mm
HD9	8	Z-Versatz des Werkzeugs zu G4	1.0 E-4 mm

HD10	9	Z-Versatz zwischen G4 und G3	1.0 E-4 mm
------	---	------------------------------	------------

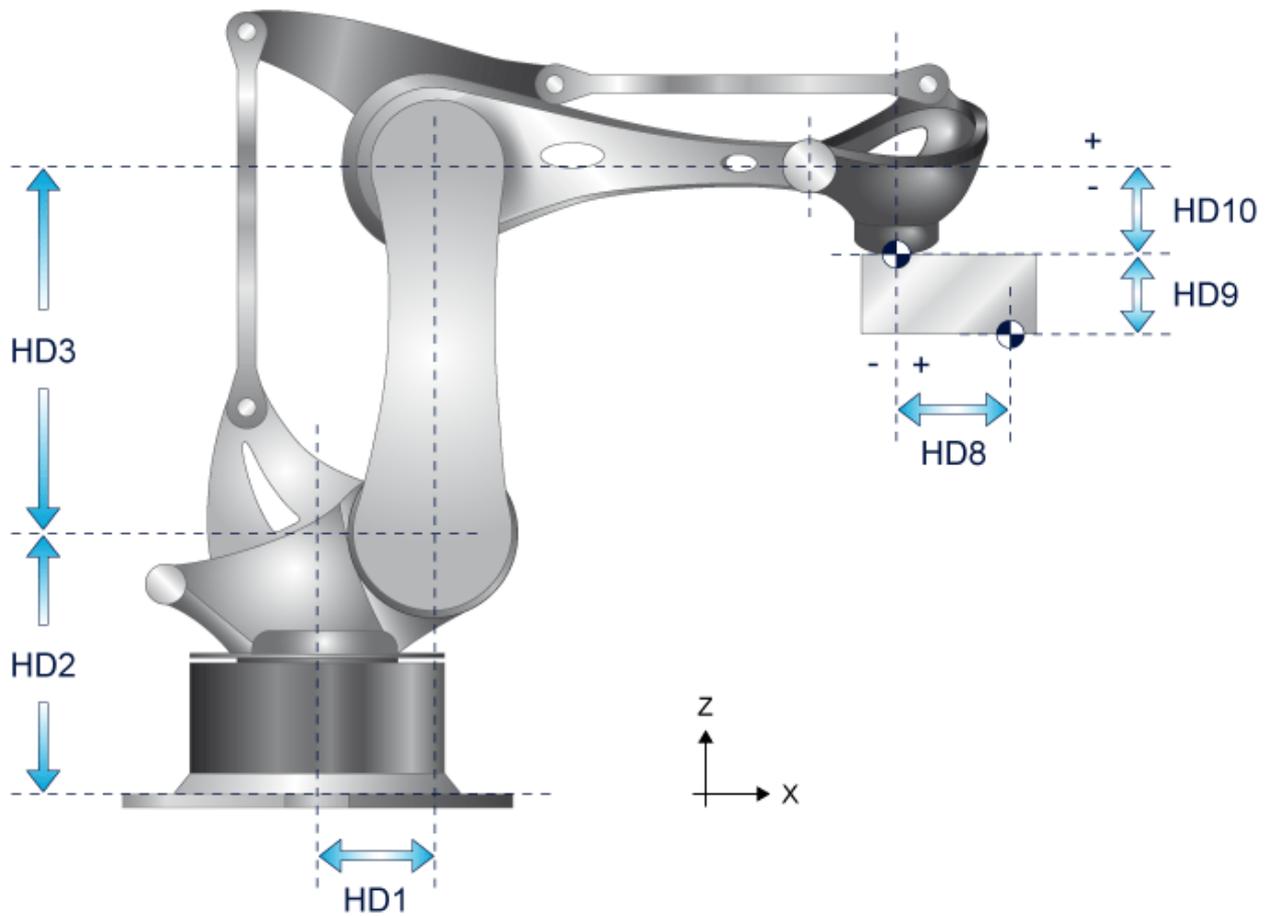


Abb. 142: Seitenansicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter

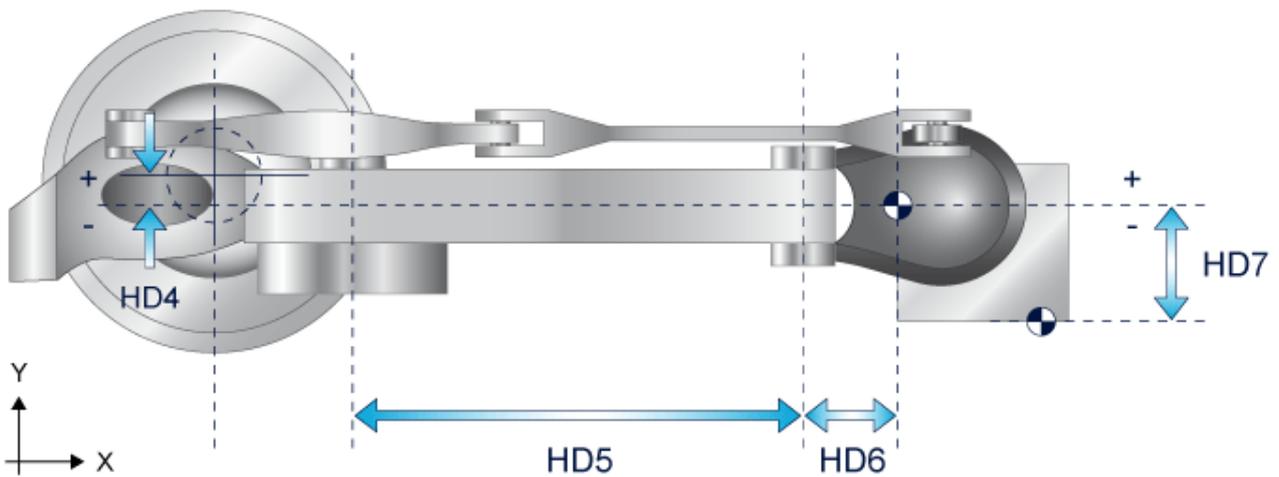


Abb. 143: Draufsicht HD-Versatzdaten - Palletierroboter

### 3.4 KIN\_TYP\_206 – 5-Achsroboter auf Lineareinheit

#### Kinematische Struktur

Die Kinematische Struktur besteht aus einer Lineareinheit, die einen Fünffachs-Roboter trägt.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
<b>Achsbezeichner</b>	X, Y, Z, A, B, C (A1, A2, A3, A4, A5, A6)	
<b>Achsindex</b>	0, 1, 2, 3, 4, 5	
Kinematische Struktur		
	<b>Werkzeugachsen</b>	<b>Werkstückachsen</b>
<b>NC-Achsen</b>	X, Y, Z, A, B, C	-

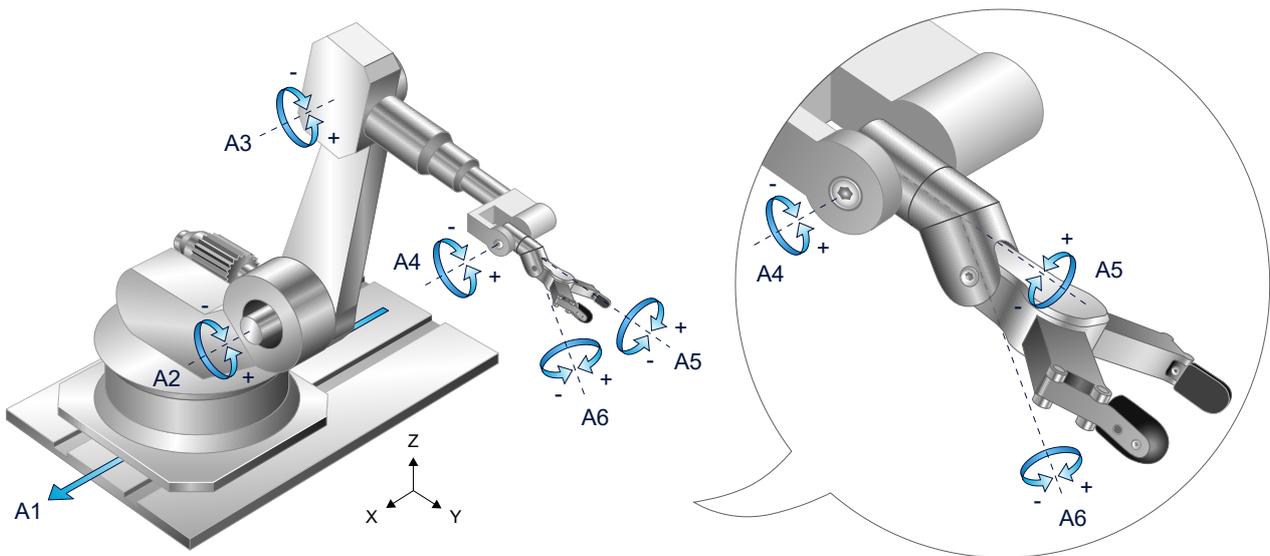


Abb. 144: 5-Achsroboter auf Lineareinheit

#### Achskonfiguration

Die folgende Achskonfiguration wird empfohlen.

Achsname	Achstyp (P-AXIS-00018)	Achsmodus (P-AXIS-00015)
A1	Linear	Linear
A2	Rotation	Linear
A3	Rotation	Linear
A4	Rotation	Modulo, 0° bis 360° oder Linear
A5	Rotation	Modulo, 0° bis 360°
A6	Rotation	Modulo, 0° bis 360°



**Um die Gefahr von Kollisionen zu verringern können für Achsen mit linearem Achsmodus Softwareendschalter konfiguriert werden.**

Die Lage der Achsen im Raum wird in der Nulllage der Maschine beschrieben. Für jede Rotationsachse wird ein Aufhängepunkt im Maschenkoordinatensystem angegeben.

Zu jeder Achse gibt es einen Längen- bzw. Winkeloffset.

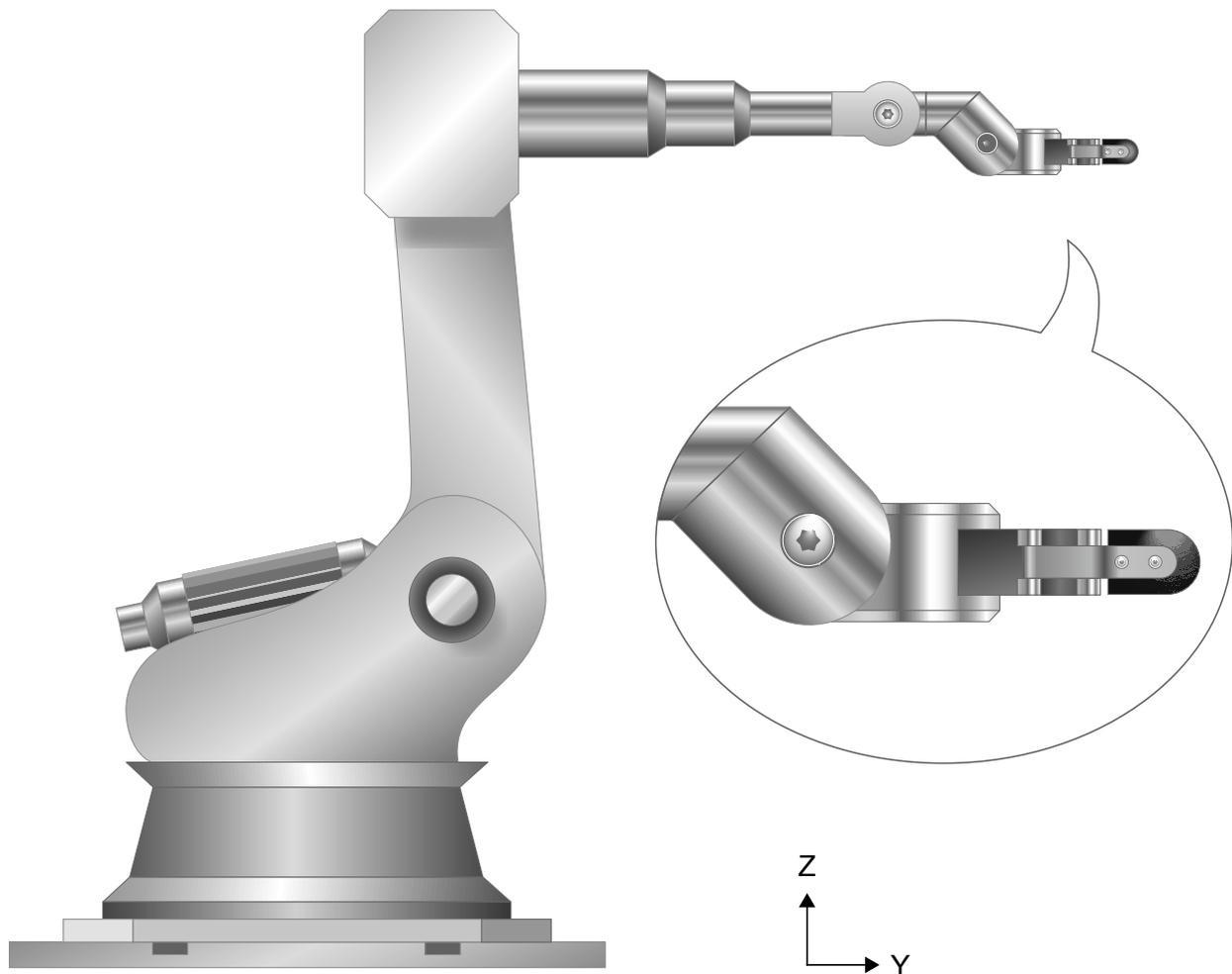


Abb. 145: Beispiel einer Nullstellung

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeugversatz in X-Richtung	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeugversatz in Y-Richtung	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeugversatz in Z-Richtung	1.0 E-4 mm
HD4	3	Werkzeugrotation um die Z"-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Werkzeugrotation um die Y'-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	Werkzeugrotation um die X-Achse	1.0 E-4°
HD7-HD9	6-8	-	
HD10	9	Abweichung A1 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD11	10	Abweichung A1 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD12	11	Längenoffset für A1	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD16	15	Abweichung A2 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD17	16	Abweichung A2 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD18	17	Winkeloffset für A2	1.0 E-4°
HD19	18	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD20	19	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm

HD21	20	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD22	21	Abweichung A3 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD23	22	Abweichung A3 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD24	23	Winkeloffset für A3	1.0 E-4°
HD25	24	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD26	25	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD27	26	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD28	27	Abweichung A4 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD29	28	Abweichung A4 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD30	29	Winkeloffset für A4	1.0 E-4°

HD31	30	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD32	31	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD33	32	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD34	33	Abweichung A5 in YZ-Ebene	1.0 E-4°
HD35	34	Abweichung A5 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD36	35	Winkeloffset für A5	1.0 E-4°
HD37	36	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A6	1.0 E-4 mm
HD38	37	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A6	1.0 E-4 mm
HD39	38	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A6	1.0 E-4 mm
HD40	39	Abweichung A6 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD41	40	Abweichung A6 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD42	41	Winkeloffset für A6	1.0 E-4°
HD43	42	Kardanwinkel alpha der A6-Achse	1.0 E-4°

**Werkzeugversatzdaten der Kinematik**

Für ein an der Achse A6 angeflanshtes Werkzeug stehen die Parameter HD1 bis HD6 zur Verfügung.



**Falls eine Werkzeuglänge aktiv ist (`V.G.WZ\_AKT.L`.), wird sie auf `HD2` addiert.**

### 3.5 KIN\_TYP\_208 – 4 Achsroboter auf Lineareinheit

#### Kinematische Struktur

Die Kinematische Struktur besteht aus einer Lineareinheit, die einen Vierachs-Roboter trägt.

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, C, A, (A1, A2, A3, A4, A5)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, C, A	-

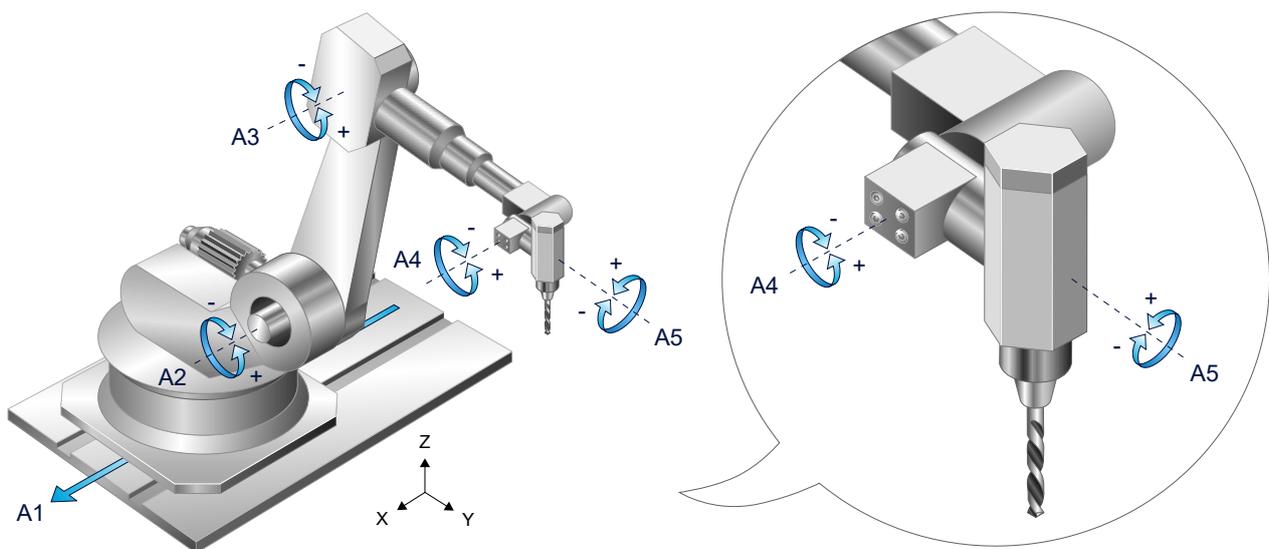


Abb. 146: 4-Achsroboter auf Lineareinheit

#### Achskonfiguration

Die folgende Achskonfiguration wird empfohlen.

Achsname	Achstyp (P-AXIS-00018)	Achsmodus (P-AXIS-00015)
A1	Linear	Linear
A2	Rotation	Linear
A3	Rotation	Linear
A4	Rotation	Linear, Modulobereich -180° bis 180°
A5	Rotation	Linear, Modulobereich -180° bis 180°



**Um die Gefahr von Kollisionen zu verringern können für Achsen mit linearem Achsmodus Softwareendschalter konfiguriert werden.**

Die Lage der Achsen im Raum wird in der Nulllage der Maschine beschrieben. Für jede Rotationsachse wird ein Aufhängepunkt im Maschenkoordinatensystem angegeben.

Zu jeder Achse gibt es einen Längen- bzw. Winkeloffset.

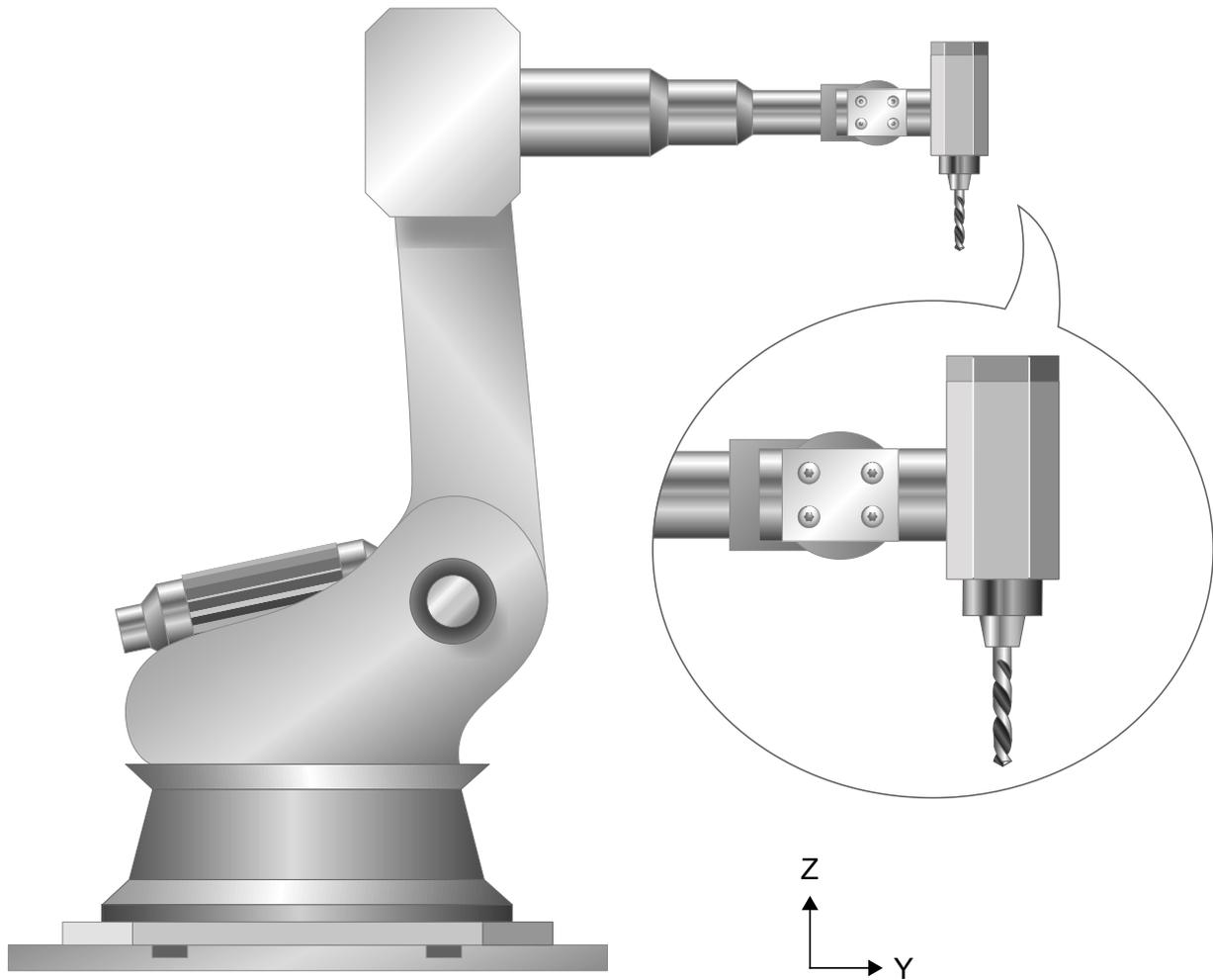


Abb. 147: Beispiel einer Nullstellung

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeugversatz in X-Richtung	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeugversatz in Y-Richtung	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeugversatz in Z-Richtung	1.0 E-4 mm
HD4	3	Werkzeugrotation um die Z"-Achse	1.0 E-4°
HD5	4	Werkzeugrotation um die Y'-Achse	1.0 E-4°
HD6	5	Werkzeugrotation um die X-Achse	1.0 E-4°
HD7-HD9	6-8	-	
HD10	9	Abweichung A1 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD11	10	Abweichung A1 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD12	11	Längenoffset für A1	1.0 E-4 mm
HD13	12	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD14	13	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD15	14	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A2	1.0 E-4 mm
HD16	15	Abweichung A2 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD17	16	Abweichung A2 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD18	17	Winkeloffset für A2	1.0 E-4°
HD19	18	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD20	19	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm

HD21	20	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A3	1.0 E-4 mm
HD22	21	Abweichung A3 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD23	22	Abweichung A3 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD24	23	Winkeloffset für A3	1.0 E-4°
HD25	24	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD26	25	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD27	26	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A4	1.0 E-4 mm
HD28	27	Abweichung A4 in XZ-Ebene	1.0 E-4°
HD29	28	Abweichung A4 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD30	29	Winkeloffset für A4	1.0 E-4°

HD31	30	X-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD32	31	Y-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD33	32	Z-Koordinate des Aufhängepunktes von A5	1.0 E-4 mm
HD34	33	Abweichung A5 in YZ-Ebene	1.0 E-4°
HD35	34	Abweichung A5 in XY-Ebene	1.0 E-4°
HD36	35	Winkeloffset für A5	1.0 E-4°

**Werkzeugversatzdaten der Kinematik**

Für ein an der Achse A5 angeflanshtes Werkzeug stehen die Parameter HD1 bis HD6 zur Verfügung.

**i** Falls eine Werkzeuglänge aktiv ist (`V.G.WZ\_AKT.L`.), wird sie auf `HD3` addiert.

**Verwenden von Koordinatensystemen (#CS-Befehl)**

Wenn ein Koordinatensystem (#CS-Befehl) verwendet werden soll, dann muss der Kanalparameter P-CHAN-00247 auf 1 gesetzt werden.

Bei nichtgesetztem P-CHAN-00247 ist der #CS-Befehl wirkungslos.

### 3.6 KIN\_TYP\_213- Fünffachs-Palettierroboter

Die Gelenkachsen sind 1,2,3,4,5. Achse 1 rotiert um die Z-Achse des kartesischen Koordinatensystems. Der Roboter ist in Abbildung 2 in der Nullposition aller Gelenkachsen dargestellt.

**i** **Kinematik verfügbar ab CNC-Version V3.1.3081 bzw. V3.1.3108**

Die Drehung in positiver Richtung entspricht der mathematisch positiven Drehrichtung im kartesischen Koordinatensystem. Die Gelenkachsen G2, G3, G4 müssen als Linearachsen konfiguriert sein (mit begrenztem Bewegungsbereich).

Die Gelenkachse G5 muss als Moduloachse im Bereich  $-180^\circ$  bis  $+180^\circ$  konfiguriert sein. Die Gelenkachse G1 kann, sofern es keine Einschränkungen durch z.B. Schleppkabel zu berücksichtigen gibt, wahlweise als Linear- oder Moduloachse konfiguriert sein.

**i** **Bei kartesischer Programmierung muss der Flansch zunächst parallel zur X/Y-Ebene des Basiskoordinatensystems ausgerichtet werden (B=0). Nur so führt eine Programmierung des C-Winkels zur erwarteten Ausrichtung des Flansches/ Werkzeugs.**

Wird der Roboter dennoch mit  $B \neq 0$  betrieben, entspricht die resultierende Bewegung gegebenenfalls nicht der erwarteten Ausrichtung.

**i** **Die programmierte Werkzeugorientierung bezieht sich bei dieser Kinematik im Standardfall auf das kartesische Grundkoordinatensystem der Maschine. Bei Verwendung von Koordinatensystemen (#CS) muss ggfs., je nach gewünschtem Verhalten, Kanalparameter P-CHAN-00247 entsprechend konfiguriert werden**

Achskonfiguration im NC-Kanal		
Achsbezeichner	X, Y, Z, B, C (G1, G2, G3, G4, G5)	
Achsindex	0, 1, 2, 3, 4	
Kinematische Struktur		
	Werkzeugachsen	Werkstückachsen
NC-Achsen	X, Y, Z, B, C	-

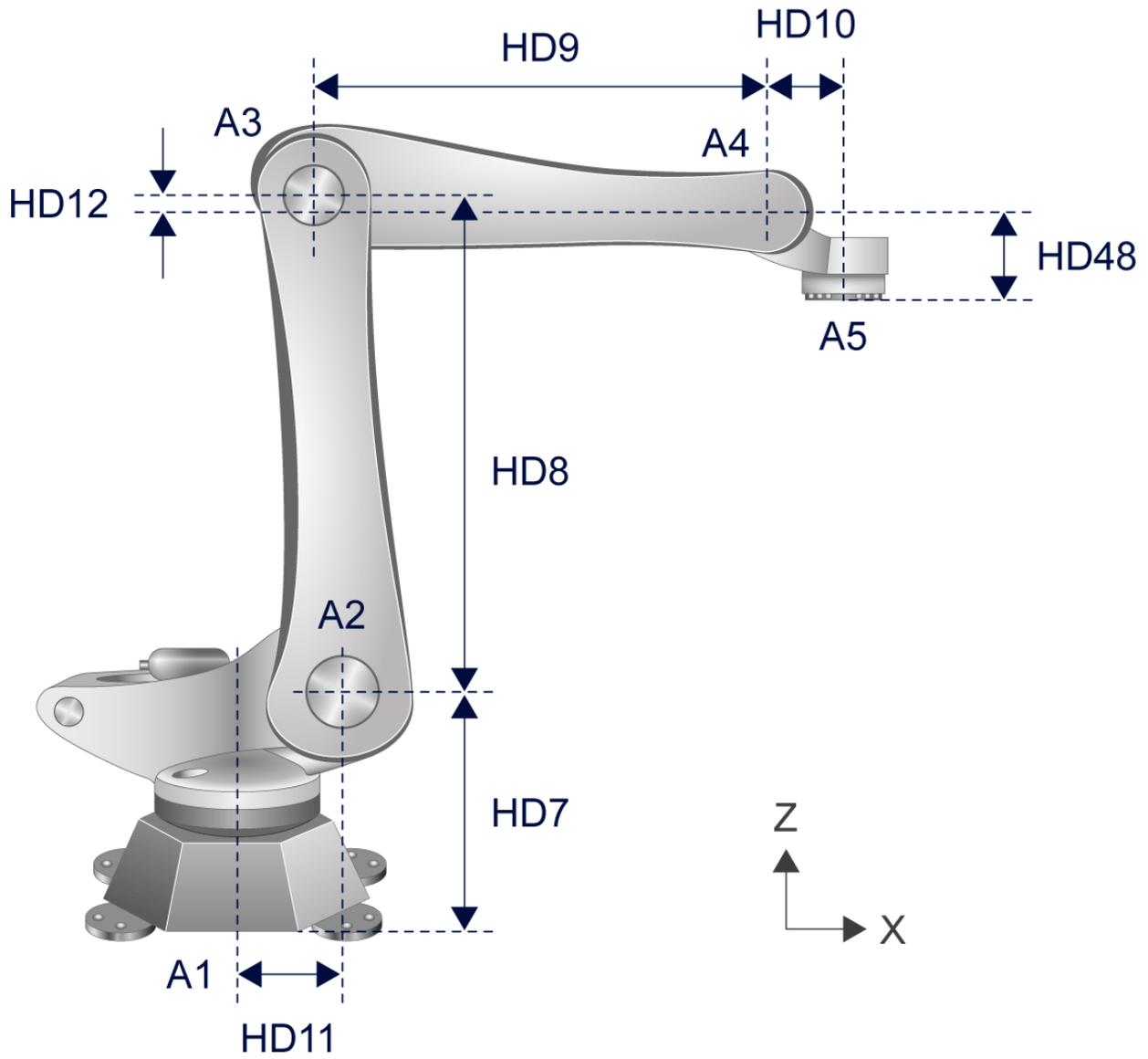


Abb. 148: Seitenansicht

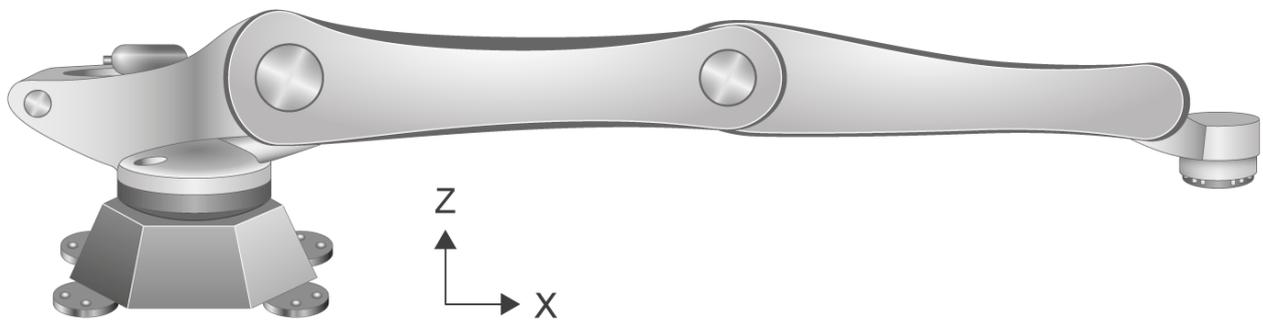


Abb. 149: Nullstellung ohne rotatorische Versätze

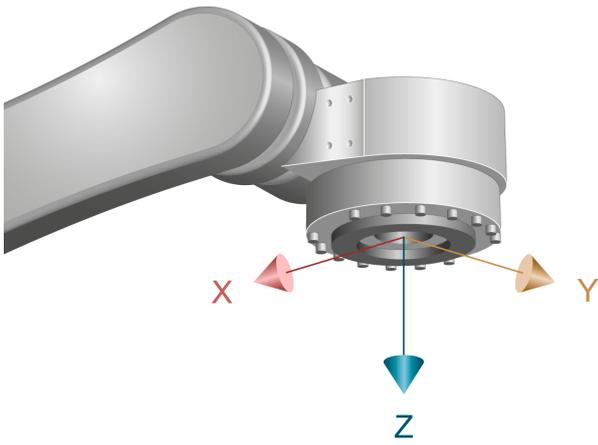


Abb. 150: Flanschkoordinatensystem

**Versatzdaten der Kinematik**

HD-Versatz	param[i]	Beschreibung	Einheit
HD1	0	Werkzeug-Z-Versatz im Flanschkoordinatensystem	1.0 E-4 mm
HD2	1	Werkzeug-X-Versatz im Flanschkoordinatensystem	1.0 E-4 mm
HD3	2	Werkzeug-Y-Versatz im Flanschkoordinatensystem	1.0 E-4 mm
HD6	5	Winkel für Werkzeugrotation um die Z-Achse	1.0 E-4°
HD7	6	Z-Versatz Fußpunkt zu G2	1.0 E-4 mm
HD8	7	Versatz G2 zu G3	1.0 E-4 mm
HD9	8	X-Versatz G3 zu G4	1.0 E-4 mm
HD10	9	X-Versatz G4 zu G5	1.0 E-4 mm
HD11	10	X-Versatz Fußpunkt zu G2	1.0 E-4 mm
HD12	11	Z-Versatz G4 zu G3 <b>Hinweis:</b> Vorzeichen positiv, die Drehachse von Gelenk 3 liegt in positiver Z-Richtung oberhalb der Drehachse von Gelenk 4.	1.0 E-4 mm
HD14	13	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Roboter gelenkachse 2	1.0 E-4°
HD15	14	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Roboter gelenkachse 3	1.0 E-4°
HD21	20	Drehrichtung der Gelenkachse 1: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD22	21	Drehrichtung der Gelenkachse 2: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD23	22	Drehrichtung der Gelenkachse 3: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD24	23	Drehrichtung der Gelenkachse 4: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD25	24	Drehrichtung der Gelenkachse 5: 0 (positiv), 1 (negativ)	[ - ]
HD36	35	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Roboter gelenkachse 1	1.0 E-4°
HD37	36	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Roboter gelenkachse 4	1.0 E-4°
HD38	37	Rotatorischer Versatz für die Nullstellung der Roboter gelenkachse 5	1.0 E-4°
HD48	47	Z-Versatz G4 zu G5. <b>Hinweis:</b> Vorzeichen positiv: Flansch liegt in positiver Z-Richtung unterhalb G4	1.0 E-4 mm

**Fünffachs-Palietierroboter**

```
N010 #KIN ID[213]

; move robot to arbitrary position
N020 A1=23 A2=[-90] A3=90 A4=[-11] A5=47

N030 #TRAFO ON
; first move flange parallel to "floor"
N040 G00 B0
; then i.e. do some pick and place
; -> flange stays parallel to "floor" if B does NOT get explicitly programmed
N050 F2000
N060 G01 X1000 Y1300 Z700 C0
N070 G01 Z500
N080 G01 X1500 Y1300 Z700 C90
N090 #TRAFO OFF
N100 M30
```

## 4 Klassifizierung der Transformationen

Abhängig von deren Eigenschaften lassen sich die in den ersten beiden Kapiteln aufgeführten Transformationen wie folgt einordnen:

### 4.1 Transformationstyp

Trafo-Typ	Typ	Achsanzahl	Anzahl Werkstückachsen	Besonderheiten
<a href="#">1 [▶ 21]</a>	RTCP	5		
<a href="#">2 [▶ 25]</a>	RTCP	5		
<a href="#">3 [▶ 27]</a>	RTCP	4		
<a href="#">4 [▶ 29]</a>	RTCP	4		
<a href="#">5 [▶ 31]</a>	RTCP	4		
<a href="#">6 [▶ 35]</a>	RTCP	4		
<a href="#">7 [▶ 37]</a>	RTCP	5		
<a href="#">8 [▶ 41]</a>	RTCP	5		
<a href="#">9 [▶ 45]</a>	RTCP	5		
<a href="#">10 [▶ 48]</a>	RTCP	5		
<a href="#">11 [▶ 50]</a>	RTCP	5		
<a href="#">12 [▶ 53]</a>	Vollständig	3		3 achsige Parallelkinematik mit konstanter Orientierung
<a href="#">13/14 [▶ 58]</a>	RTCP	3		Stirnflächenbearbeitung (#FACE)
<a href="#">16 [▶ 61]</a>	RTCP	5		
<a href="#">17 [▶ 64]</a>	RTCP	5		3 Maschinenachsen, 2 Hilfsachsen
<a href="#">18 [▶ 67]</a>	RTCP	5		3 Maschinenachsen, 2 Hilfsachsen
<a href="#">19 [▶ 69]</a>	Vollständig	5		3 Säulen Parallelkinematik, 5 Maschinenachsen
<a href="#">21 [▶ 72]</a>	Vollständig	4		LAMBDA Scherenkinematik mit Kompensation von rot. C Achse, konstante Orientierung, 4 Maschinenachsen
<a href="#">22 [▶ 76]</a>	RTCP	5	2	2 Achsen im Werkstück, 3 Maschinenachsen
<a href="#">23 [▶ 78]</a>	RTCP	5		
<a href="#">25 [▶ 80]</a>	RTCP	5		
<a href="#">28 [▶ 84]</a>	RTCP	5		
<a href="#">30 [▶ 87]</a>	RTCP	4		
<a href="#">33 [▶ 89]</a>	RTCP	5		
<a href="#">34 [▶ 92]</a>	RTCP	4		
<a href="#">36 [▶ 175]</a>	RTCP	4		SCARA

Trafo-Typ	Typ	Achsanzahl	Anzahl Werkstückachsen	Besonderheiten
<a href="#">37 [▶ 179]</a>	Vollständig	3		Delta-Roboter
<a href="#">45 [▶ 182]</a>	Vollständig	6		6 Achs-Gelenkarmroboter
<a href="#">52 [▶ 94]</a>	RTCP	5		
<a href="#">57 [▶ 96]</a>	RTCP	5		Dreh-/Schwenktisch

Trafo-Typ	Typ	Achsanzahl	Anzahl Werkstückachsen	Besonderheiten
<a href="#">58</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">100</a> ]	RTCP	5		Dreh-/Schwenktisch
<a href="#">59</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">104</a> ]	RTCP	5		Kardankopf
<a href="#">60</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">114</a> ]	RTCP	5		Kardankopf
<a href="#">61</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">118</a> ]	RTCP	5		
<a href="#">63</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">123</a> ]	RTCP	5		
<a href="#">64</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">128</a> ]	RTCP	6		
<a href="#">70</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">132</a> ]	RTCP	5		
<a href="#">76</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">135</a> ]	Vollständig	5		mechanischer TCP
<a href="#">80</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">139</a> ]	RTCP	5		
<a href="#">81</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">144</a> ]	RTCP	5		
<a href="#">82</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">149</a> ]	RTCP	6		
<a href="#">85</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">153</a> ]	RTCP	2		
<a href="#">96</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">197</a> ]	Vollständig	4		4-Achs Palletierroboter
<a href="#">206</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">200</a> ]	Vollständig	5		5-Achsroboter aus Lineareinheit
<a href="#">207</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">164</a> ]	RTCP	5		
<a href="#">208</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">203</a> ]	Vollständig	4		4-Achsroboter aus Lineareinheit
<a href="#">209</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">167</a> ]	RTCP	5		Tripod mit Drehschwenktisch
<a href="#">213</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">206</a> ]	Vollständig	5		Fünffachs-Palettierroboter

## 4.2 Kinematiktyp

Trafo-ID	Mit Drehtisch	Roboter kinematik	Parallel kinematik	Scheren kinematik	Mit manueller Achse
<a href="#">1</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">21</a> ]	1				
<a href="#">2</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">25</a> ]					
<a href="#">3</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">27</a> ]					
<a href="#">4</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">29</a> ]					
<a href="#">5</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">31</a> ]					
<a href="#">6</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">35</a> ]					
<a href="#">7</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">37</a> ]					1
<a href="#">8</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">41</a> ]					1
<a href="#">9</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">45</a> ]					
<a href="#">10</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">48</a> ]					
<a href="#">11</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">50</a> ]	1				
<a href="#">12</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">53</a> ]			1		
<a href="#">13/14</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">58</a> ]					
<a href="#">16</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">61</a> ]					
<a href="#">17</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">64</a> ]					1
<a href="#">18</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">67</a> ]					1
<a href="#">19</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">69</a> ]			1		
<a href="#">21</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">72</a> ]				1	
<a href="#">22</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">76</a> ]					

Trafo-ID	Mit Drehtisch	Roboter kinematik	Parallel kinematik	Scheren kinematik	Mit manueller Achse
<a href="#">23</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">78</a> ]	1				
<a href="#">25</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">80</a> ]					
<a href="#">28</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">84</a> ]					
<a href="#">30</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">87</a> ]					
<a href="#">33</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">89</a> ]					
<a href="#">34</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">92</a> ]	1				
<a href="#">36</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">175</a> ]		1			
<a href="#">37</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">179</a> ]			1		
<a href="#">45</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">182</a> ]		1			
<a href="#">52</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">94</a> ]	1				
<a href="#">57</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">96</a> ]	1				
<a href="#">58</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">100</a> ]	1				
<a href="#">59</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">104</a> ]					

Trafo-ID	Mit Drehtisch	Roboter kinematik	Parallel kinematik	Scheren kinematik	Mit manueller Achse
<a href="#">60</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">114</a> ]					
<a href="#">61</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">118</a> ]	1				
<a href="#">63</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">123</a> ]	1				
<a href="#">64</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">128</a> ]	1				
<a href="#">70</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">132</a> ]					
<a href="#">76</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">135</a> ]					
<a href="#">80</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">139</a> ]	1				
<a href="#">81</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">144</a> ]	1				
<a href="#">82</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">149</a> ]	1				
<a href="#">85</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">153</a> ]		1			
<a href="#">96</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">197</a> ]		1			
<a href="#">206</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">200</a> ]		1			
<a href="#">207</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">164</a> ]					1
<a href="#">208</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">203</a> ]		1			
<a href="#">209</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">167</a> ]	1				
<a href="#">213</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">206</a> ]		1			

### 4.3 Anwendung

Trafo-ID	5-Achs-bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma-schneiden	Laser-schneiden
<a href="#">1</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">21</a> ]	1	1	1			
<a href="#">2</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">25</a> ]	1	1	1			
<a href="#">3</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">27</a> ]		1	1			
<a href="#">4</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">29</a> ]		1	1			
<a href="#">5</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">31</a> ]		1	1			
<a href="#">6</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">35</a> ]		1	1			

Trafo-ID	5-Achs- bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma- schneiden	Laser- schneiden
<a href="#">7 [▶ 37]</a>		1	1			
<a href="#">8 [▶ 41]</a>				1		
<a href="#">9 [▶ 45]</a>	1	1	1			
<a href="#">10 [▶ 48]</a>				1		
<a href="#">11 [▶ 50]</a>	1	1				
<a href="#">12 [▶ 53]</a>		1	1			
<a href="#">16 [▶ 61]</a>	1	1	1			
<a href="#">17 [▶ 64]</a>		1	1			
<a href="#">18 [▶ 67]</a>				1		
<a href="#">19 [▶ 69]</a>		1	1			
<a href="#">21 [▶ 72]</a>		1				
<a href="#">22 [▶ 76]</a>	1	1	1			1
<a href="#">23 [▶ 78]</a>	1	1	1			
<a href="#">25 [▶ 80]</a>	1	1	1		1	1
<a href="#">28 [▶ 84]</a>	1	1	1			
<a href="#">30 [▶ 87]</a>		1	1			
<a href="#">33 [▶ 89]</a>	1	1				
<a href="#">34 [▶ 92]</a>		1	1			
<a href="#">36 [▶ 175]</a>		1	1			
<a href="#">37 [▶ 179]</a>		1	1			
<a href="#">45 [▶ 182]</a>	1	1	1			
<a href="#">52 [▶ 94]</a>	1	1	1			
<a href="#">57 [▶ 96]</a>	1	1	1			
<a href="#">58 [▶ 100]</a>	1	1	1			
<a href="#">59 [▶ 104]</a>	1	1	1			

Trafo-ID	5-Achs- bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma- schneiden	Laser- schneiden
<a href="#">60 [▶ 114]</a>	1	1	1			
<a href="#">61 [▶ 118]</a>	1	1	1			
<a href="#">63 [▶ 123]</a>	1	1	1			
<a href="#">64 [▶ 128]</a>	1	1	1			
<a href="#">70 [▶ 132]</a>	1	1	1			
<a href="#">76 [▶ 135]</a>	1					
<a href="#">80 [▶ 139]</a>	1	1	1			
<a href="#">81 [▶ 144]</a>	1	1	1			
<a href="#">82 [▶ 149]</a>	1	1	1			
<a href="#">85 [▶ 153]</a>						
<a href="#">96 [▶ 197]</a>						
<a href="#">98 [▶ 155]</a>						1
<a href="#">206 [▶ 200]</a>	1	1	1			
<a href="#">207 [▶ 164]</a>	1	1	1			
<a href="#">208 [▶ 203]</a>	1	1	1			

Trafo-ID	5-Achs- bearbeitung	Fräsen	Bohren	Sägen	Plasma- schneiden	Laser- schneiden
<a href="#">209</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">167</a> ]	1	1	1			
<a href="#">213</a> [ <a href="#">▶</a> <a href="#">206</a> ]						

## 4.4 Transformationen der Rohrbearbeitung

Trafo-ID	Beschreibung
15	Rundrohr, Mantelfläche (3/4-achsig)
78	Rundrohr, Projektion (3/4-achsig)
79	Mehrkantrohr, Profilrohr (3/4-achsig)
90	Rundrohr, Mantelfläche (5/6-achsig)
93	Mehrkantrohr, Profilrohr (5/6-achsig)

Weitere Informationen zur Rohrbearbeitung finden Sie auf unserer Produktseite im Bereich **TF5290 | TC3 CNC Cutting Plus** <https://www.beckhoff.de/tf5290>

Funktionsbeschreibungen zu diesen Transformationen finden Sie im Beckhoff Information System

TwinCAT 3 > TFxxx | TC3 Functions > TF5xxx - Motion > TF52xx - TC3 CNC > **Rohrbearbeitung**

[https://infosys.beckhoff.de/content/1031/tf5290\\_tube\\_processing/index.html](https://infosys.beckhoff.de/content/1031/tf5290_tube_processing/index.html)

## 5 Begriffsdefinitionen

### Allgemein:

ID	Identifizier; allgemeine Kennung
MCS	Maschinenkoordinatensystem
MNP	Maschinennullpunkt
RT	Rückwärtstransformation
SBP	Schlittenbezugspunkt (Bezugspunkt Werkzeugschlitten)
TCP	Tool-Center-Point; Mittelpunkt des Fräasers
Typ	Struktur der Kinematik mit bestimmten Merkmalen
VT	Vorwärtstransformation
WCS	Werkstückkoordinatensystem

### Sonstige Abkürzungen:

HD	Kinematikversatzmaß (Head Distance)
----	-------------------------------------

## 6 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

### Downloadfinder

Unser [Downloadfinder](#) beinhaltet alle Dateien, die wir Ihnen zum Herunterladen anbieten. Sie finden dort Applikationsberichte, technische Dokumentationen, technische Zeichnungen, Konfigurationsdateien und vieles mehr.

Die Downloads sind in verschiedenen Formaten erhältlich.

### Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den [lokalen Support und Service](#) zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unserer Internetseite: [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

### Beckhoff Support

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49 5246 963-157  
E-Mail: [support@beckhoff.com](mailto:support@beckhoff.com)

### Beckhoff Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49 5246 963-460  
E-Mail: [service@beckhoff.com](mailto:service@beckhoff.com)

### Beckhoff Unternehmenszentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland

Telefon: +49 5246 963-0  
E-Mail: [info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)



Mehr Informationen:  
[www.beckhoff.de/TF5240](http://www.beckhoff.de/TF5240)

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland  
Telefon: +49 5246 9630  
[info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
[www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

